

**SUTRADARA OTONOM PADA PENEMPATAN KAMERA VIRTUAL
BERBASIS *CONSTRAINT OPTIMIZATION***

SKRIPSI

Oleh :
HAZMIE ASYIQ EL HAQ
NIM. 15650128



**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2022**

**SUTRADARA OTONOM PADA PENEMPATAN KAMERA VIRTUAL
BERBASIS *CONSTRAINT OPTIMIZATION***

SKRIPSI

Oleh :
HAZMIE ASYIQ EL HAQ
NIM. 15650128

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

**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2022**

HALAMAN PERSETUJUAN

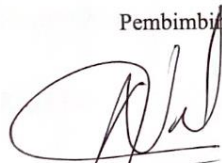
SUTRADARA OTONOM PADA PENEMPATAN KAMERA VIRTUAL
BERBASIS *CONSTRAINT OPTIMIZATION*

SKRIPSI


Oleh :
HAZMIE ASYIQ EL HAO
NIM. 15650128

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:
Tanggal : Kamis, 2 Juni 2022

Pembimbing I,



Fesy Nugroho, M.T
NIP. 197107222011011001

Pembimbing II,


Han Nurhayati, M.T
NI. 197806252008012006

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




Dr. Fachrud Kurniawan ST., M.MT., IPM
NIP. 19771020 200912 1 001

HALAMAN PENGESAHAN



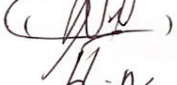

SUTRADARA OTONOM PADA PENEMPATAN KAMERA VIRTUAL
BERBASIS *CONSTRAINT OPTIMIZATION*

SKRIPSI

Oleh :
HAZMIE ASYIQ EL HAQ
NIM. 15650128

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)
Tanggal : 6 Juni 2022

Susunan Dewan Penguji

Penguji Utama	:	<u>Dr. Muhammad Faisal, M.T</u> NIP. 19740510 200501 1 007	()
Ketua Penguji	:	<u>Juniardi Nur Fadila, M.T</u> NIP. 19920605 201903 1 015	()
Sekretaris Penguji	:	<u>Fresy Nugroho, M.T</u> NIP. 19710722 201101 1 001	()
Anggota Penguji	:	<u>Hani Nurhayati, M.T</u> NIP. 19780625 200801 2 006	()

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




Dr. Fachrul Kurniawan ST., M.MT., IPM
NIP. 19771020 200912 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hazmie Asyiq El Haq

NIM : 15650128

Fakultas / Jurusan : Sains dan Teknologi / Teknik Informatika

Judul Skripsi : Sutradara Otonom pada Penempatan Kamera Virtual
Berbasis *Constraint Optimization*

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, 6 Juni 2022
Yang membuat pernyataan,



Hazmie Asyiq El Haq
NIM. 15650128

MOTTO

... Bergeraklah selagi mampu untuk dicapai...

HALAMAN PERSEMBAHAN

*... Karya ini kupersembahkan untuk diriku sendiri serta masa
depanku ...*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin, puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal tugas akhir yang berjudul “Sutradara Otonom pada Penempatan Kamera Virtual Berbasis *Constraint Optimization*” dengan baik. Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada orang-orang yang secara langsung maupun tidak langsung telah memberikan bantuan kepada penulis untuk menyelesaikan laporan ini, yaitu :

1. Bapak Fresy Nugroho, M.T dan Ibu Hani Nurhayati, M.T., selaku dosen pembimbing skripsi, terima kasih atas bimbingan, arahan dan ilmu yang telah diberikan.
2. Bapak Dr. M. Faisal dan Bapak Juniardi Nur Fadila, M.T selaku dosen penguji, terima kasih atas bimbingan, arahan dan evaluasi yang telah diberikan.
3. Dr. Fachrul Kurniawan, M.MT, IPM selaku ketua jurusan Keteknikan Pertanian.
4. Kedua orang tua dan adik-adik atas doa, perhatian, semangat dan dukungan yang diberikan.
5. Hanin Nizar Rofiqoh, Teman-teman dan Semua pihak yang berperan dalam pembuatan laporan tugas akhir ini.

Penulis menyadari adanya keterbatasan dan kekurangan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini, oleh karena itu dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan masukan, kritik dan saran untuk kesempurnaan laporan ini.

Malang, 2 Juni 2020

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
ABSTRAK	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Batasan Masalah.....	6
1.5 Manfaat Penelitian	7
1.6 Sistematika Penulisan	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Penelitian Terkait	8
2.2 Landasan Teori	11
2.2.1 Animasi sebagai Media Pembelajaran	11
2.2.2 Film Animasi	14
2.2.3 Sinematografi.....	19
2.2.4 <i>Theory Of Constraints</i>	25
2.2.5 Kamera Virtual	27
2.2.6 <i>Theory Of Constraints</i> untuk kontrol kamera virtual	29
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	32
3.1 Desain sistem	32
3.2 <i>Asset Creation</i>	33
3.3.1 <i>Map & Environment Creation</i>	33
3.3.2 <i>Character Creation</i>	34
3.3.3 Desain skenario.....	37
3.3 <i>Research Camera Transform Position</i>	40
3.4.1 <i>Camera Placement Based On Selected Map</i>	42
3.4.2 <i>Camera Placement Based On Number Of Character</i>	42
3.4.3 <i>Camera Placement Based On Action</i>	42
3.4.4 <i>Camera Placement based On Character Location</i>	43
3.4.5 Identifikasi Penempatan Kamera	43
3.4 <i>Make Database Transform Position</i>	44
3.5 <i>Smart Virtual Camera (SVC)</i>	45
3.6 <i>Contrain Optimization</i>	46
3.7.1 Aturan <i>Contrain</i> Penempatan Kamera Virtual	46
3.7.2 Aturan <i>Contrain</i> Pergerakan kamera Virtual.....	48

3.7 Pembentukan Aturan Kontrol Kamera Virtual	49
3.8 Implementasi <i>Constraint</i> pada Peta sebagai fungsi <i>Search Object</i>	50
3.10 <i>Searching for Suitable Template</i>	53
3.11 <i>Merging Template with Object Transform</i>	54
3.12 <i>Automatic Cinematic Camera View</i>	55
3.13 Skenario Pengujian.....	55
3.13.1 Pengujian fungsional Pergeraan kamera	55
3.13.2 Pengujian Keefektifitasan Metode <i>Constraint Optimization</i> Dibandingkan Metode lainnya.....	57
3.13.3 Pengujian Keefektifitasan Pembangkitan Kamera Virtual Otomatis.....	61
BAB IV PENGUJIAN DAN EVALUASI	64
4.1 Implementasi	64
4.1.1 Implementasi <i>Asset Creation</i>	64
4.1.2 Implementasi <i>Research Camera Position</i>	66
4.2 Pengujian Fungsionalitas.....	68
4.3 Efektifitas kinerja Sistem	90
4.4 Integrasi Islam	107
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	110
5.1 Kesimpulan.....	110
5.2 Saran.....	111
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi Gambar Pengambilan dengan Teknik <i>Extreme Long Shot</i> ..	20
Gambar 2.2 Ilustrasi Gambar Pengambilan dengan Teknik <i>Long Shot/Wide</i>	21
Gambar 2.3 Ilustrasi Gambar Pengambilan dengan Teknik <i>Medium Shot</i>	22
Gambar 2.4 Ilustrasi Gambar Pengambilan dengan Teknik <i>Close Up</i>	22
Gambar 2.5 Ilustrasi Gambar Pengambilan dengan Teknik <i>Extreme Close Up</i> ...	23
Gambar 2.6 Ilustrasi Gambar Pengambilan dengan Teknik <i>Dutch Angle</i>	23
Gambar 2.7 Ilustrasi Gambar Pengambilan Dengan Teknik <i>Bird's Eye Shot</i>	24
Gambar 2.8 Kaidah Dalam Sinematografi Berdasarkan Jarak Ketinggian <i>Angle</i>	25
Gambar 3.1 Desain Sistem.....	32
Gambar 3.2 Hasil <i>Texturing</i> Peta Rumah Sakit	34
Gambar 3.3 Diagram Blok Proses Pembuatan Character	35
Gambar 3.4 <i>Map Hospital</i>	39
Gambar 3.5 <i>Map Garden</i>	39
Gambar 3.6 Sudut Pandang dalam Kamera <i>Shot</i>	41
Gambar 3.7 Proses <i>Smart Virtual Camera</i>	45
Gambar 3.8 Penataan <i>Collider</i>	51
Gambar 3.9 <i>Flow Chart</i> Logika deteksi <i>Collider</i>	52
Gambar 3.10 <i>Scene</i> yang akan menjadi <i>input</i> penempatan kamera	53
Gambar 3.11 <i>Flowchart</i> Logika Pencarian Template	54
Gambar 3.12 Posisi kamera dan <i>Field of View</i> terhadap <i>Player</i>	58
Gambar 4.1 Peta <i>Hospital</i>	65
Gambar 4.2 Peta <i>Garden</i> Perspektif 1	65
Gambar 4.3 Pembagian Zona <i>Map Hospital</i>	67
Gambar 4.4 Pembagian Zona <i>Map Garden</i>	68
Gambar 4.5 Posisi zona 1 pada peta <i>hospital</i> dan <i>Field of view camera</i>	69
Gambar 4.6 Grafik Tingkat keberhasilan Skenario <i>Player</i> berjalan ke zona 1	70
Gambar 4.7 Posisi zona 2 pada peta <i>hospital</i> dan <i>Field of view camera</i>	72
Gambar 4.8 Grafik Tingkat keberhasilan Skenario <i>Player</i> berjalan ke zona 2....	73
Gambar 4.9 Posisi zona 3 pada peta <i>hospital</i> dan <i>Field of view camera</i>	75
Gambar 4.10 Grafik Tingkat keberhasilan Skenario <i>Player</i> berjalan ke zona 3... 76	
Gambar 4.11 Posisi zona 4 pada peta <i>hospital</i> dan <i>Field of view camera</i>	78
Gambar 4.12 Grafik Tingkat keberhasilan Skenario <i>Player</i> berjalan ke zona 4... 79	
Gambar 4.13 Posisi zona 5 pada peta <i>hospital</i> dan <i>Field of view camera</i>	81
Gambar 4.14 Grafik Tingkat keberhasilan Skenario <i>Player</i> berjalan ke zona 5... 82	
Gambar 4.15 Posisi zona 6 pada peta <i>hospital</i> dan <i>Field of view camera</i>	84
Gambar 4.16 Grafik Tingkat keberhasilan Skenario <i>Player</i> berjalan ke zona 6... 85	
Gambar 4.17 Posisi zona 7 pada peta <i>hospital</i> dan <i>Field of view camera</i>	87
Gambar 4.18 Grafik Tingkat keberhasilan Skenario <i>Player</i> berjalan ke zona 2... 88	
Gambar 4.19 Grafik Pembangkitan yang berasal dari Kamera 1.....	92
Gambar 4.20 Grafik Pembangkitan yang berasal dari Kamera 2.....	94
Gambar 4.21 Grafik Pembangkitan yang berasal dari Kamera 3.....	96
Gambar 4.22 Grafik Pembangkitan yang berasal dari Kamera 4.....	98
Gambar 4.23 Grafik Pembangkitan yang berasal dari Kamera 5.....	100
Gambar 4.24 Grafik Pembangkitan yang berasal dari Kamera 6.....	102
Gambar 4.25 Grafik Pembangkitan yang berasal dari Kamera 7.....	104
Gambar 4.26 Grafik Persentase Efisiensi Waktu Pembangkitan Kamera	106

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Basis Data Template Virtual Kamera	44
Tabel 3.2 Basis Pengetahuan Penempatan Kamera (PPK)	47
Tabel 3.3 Basis Pengetahuan Pergerakan Kamera	49
Tabel 3.4 Tabel Rekap Perbedaan metode	61
Tabel 3.5 Data keefektifitasan Penelitian Terkait	62
Tabel 4.1 Hasil Percobaan Skenario <i>Player</i> berjalan ke zona 1	71
Tabel 4.2 Hasil Percobaan Skenario <i>Player</i> berjalan ke zona 2	74
Tabel 4.3 Hasil Percobaan Skenario <i>Player</i> berjalan ke zona 3	77
Tabel 4.4 Hasil Percobaan Skenario <i>Player</i> berjalan ke zona 4	80
Tabel 4.5 Hasil Percobaan Skenario <i>Player</i> berjalan ke zona 5	83
Tabel 4.6 Hasil Percobaan Skenario <i>Player</i> berjalan ke zona 6	86
Tabel 4.7 Hasil Percobaan Skenario <i>Player</i> berjalan ke zona 7	89
Tabel 4.8 Tabel Pembangkitan yang berasal dari Kamera 1	91
Tabel 4.9 Tabel Pembangkitan yang berasal dari Kamera	93
Tabel 4.10 Grafik Pembangkitan yang berasal dari Kamera 2	95
Tabel 4.11 Tabel Pembangkitan yang berasal dari Kamera 4	97
Tabel 4.12 Tabel Pembangkitan yang berasal dari Kamera 5	99
Tabel 4.13 Tabel Pembangkitan yang berasal dari Kamera 6	101
Tabel 4.14 Tabel Pembangkitan yang berasal dari Kamera 7	103
Tabel 4.15 Data Perbandingan keefektifitasan Penelitian Terkait	105
Tabel 4.16 Data Total Efisiensi	106

ABSTRAK

El Haq, Hazmie. 2022. **Sutradara Otonom Pada Penempatan Kamera Virtual Berbasis *Constraint Optimization***. Skripsi. Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Fresy Nugroho, M.T (II) Hani Nurhayati, M.T.

Kata kunci: *Camera animation, sinematografi, Smart Virtual Camera, Pendekatan Constraint, Kontrol Kamera Virtual*

Camera animation atau menganimasikan kamera merupakan sebuah teknik animasi lanjut yang secara teknis adalah menggerakkan kamera untuk membuat animasi terlihat lebih dinamis. Salah satu cara untuk menentukan shot dalam lingkungan 3D pada teknik camera animation ini, digunakan pendekatan *constraint-based*. Sistem yang dikembangkan untuk menentukan shot masih perlu dilengkapi dengan visualisasi berdasarkan narasi sinematografi. Dalam penelitian ini, penulis akan menciptakan animasi berbasis permainan 3D dengan mengembangkan SVC (*Smart Virtual Camera*) melalui pendekatan constraint yang menggunakan referensi sesuai dengan Database komponen shot yang meliputi pergerakan, aksi, dan lingkungan. Sehingga menghasilkan animasi yang dapat memberikan visualisasi terhadap konsep yang akan disampaikan. Hasil Penelitian ini menunjukkan bahwa, 83,33% shot yang dihasilkan dari pengujian yang telah dilakukan dapat dibangkitkan dengan waktu pencarian (pembangkitan kontrol kamera virtual) kurang dari batas waktu maksimal yang ditentukan, yaitu kurang dari 34,4 *milisecond*.

ABSTRACT

El Haq, Hazmie. 2022. **Sutradara Otonom Pada Penempatan Kamera Virtual Berbasis *Constraint Optimization***. Skripsi. Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Fresy Nugroho, M.T (II) Hani Nurhayati, M.T.

Keywords: *Camera animation, cinematography, Smart Virtual Camera, Theory of Constraint, Virtual Camera Control*

Camera animation is an animation technique that involves moving the camera to make the animation move more dynamically. One of the ways to determine the shot in a 3D environment is to use a constraint-based theory. The system developed for determining shots still needs to be equipped with visualizations based on cinematographic narration. In this study, the author will create an animation based on 3D games by developing SVC (Smart Virtual Camera) through theory constraint which uses references from the shot component database which includes movement, action, and environment. The result of this research is that animation can provide a visualization of the concept to be delivered. The results of this study indicate that 83.33% of the shots produced from the tests that have been carried out can be generated with a search time (generating virtual camera control) less than the maximum specified time limit, which is less than 34.4 milliseconds.

ملخص البحث

الحق، حزمي عاشق، 2022. مدير مستقل عن وضع الكاميرا الافتراضية بناءً على تحسين القيود. أطروحة. قسم المعلوماتية، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الحكومية الإسلامية في مالانج. المشرف: فريسي نوكو هو، MT. هاني نور حياتي، MT.

الكلمات الرئيسية: الرسوم المتحركة للكاميرا، التصوير السينمائي، الكاميرا الافتراضية الذكية، قيود النهج، التحكم في الكاميرا الافتراضية.

الرسوم المتحركة للكاميرا أو الرسوم المتحركة للكاميرا هي تقنية رسوم متحركة متقدمة تتضمن تقنيًا تحريك الكاميرا لجعل الرسوم المتحركة تبدو أكثر ديناميكية. تتمثل إحدى طرق تحديد اللقطة في بيئة ثلاثية الأبعاد في تقنية الرسوم المتحركة للكاميرا في استخدام نهج قائم على القيد. لا يزال النظام الذي تم تطويره لتحديد اللقطات بحاجة إلى أن يكون مزودًا بمرئيات قائمة على السرد السينمائي. في هذه الدراسة، سيقوم المؤلف بإنشاء رسوم متحركة مبنية على لعبة ثلاثية الأبعاد من خلال تطوير SVC (الكاميرا الافتراضية الذكية) من خلال نهج القيد الذي يستخدم المراجع وفقًا لقاعدة بيانات مكونات اللقطة التي تتضمن الحركة والحركة والبيئة. وذلك لإنتاج الرسوم المتحركة التي يمكن أن توفر تصورًا للمفهوم الذي سيتم تسليمه. تشير نتائج هذه الدراسة إلى أنه يمكن توليد 83.33% من اللقطات الناتجة عن الاختبارات التي تم إجراؤها بوقت بحث (توليد التحكم بالكاميرا الافتراضية) أقل من الحد الأقصى للوقت المحدد، والذي يقل عن 34.4 مللي ثانية

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Animasi berasal dari kata “*Animation*” yang dalam bahasa Inggris memiliki kata esensial “*animate*” yang artinya bergerak. Animasi adalah suatu proses membuat gerakan berdampak pada benda mati seolah-olah benda tersebut dapat bergerak. Dengan gerakan, perkembangan gambar dapat diubah secara bertahap atau cepat, sehingga menjadi terkoordinasi menjadi visual gerakan dan juga dapat digabungkan dengan suara. Ada 3 macam keaktifan pada umumnya, yaitu aktivitas 2 lapis, 3 lapis gerak, dan gerak henti. Keaktifan 3D memanfaatkan aplikasi luar untuk membuat visual yang lebih masuk akal. Selain terlihat lebih asli, keaktifan 3 lapis lebih menarik dan lebih cerdas daripada aktivitas 2 lapis dan tidak terlalu rumit dibandingkan keaktifan stop movement yang memerlukan perekaman langsung. Selain digunakan dalam pembuatan tontonan anak, aktivitas 3 lapis ini juga dapat digunakan untuk menyampaikan data. Banyak media data menggunakan highlight gerakan untuk membuat data selanjutnya menjadi lebih asli, menarik, dan jelas (Farhany et al., 2019).

Dengan adanya animasi sebagai media pembelajaran, Individu dapat mengingat 95% dari apa yang mereka lihat, dengar, dan temui sepanjang waktu. Animasi 3D itu sendiri adalah produksi gambar bergerak dalam ruang komputerisasi 3 lapis ini diselesaikan dengan membuat sketsa yang mereproduksi setiap gambar, dipotret dengan kamera virtual, dan hasilnya dikirim atau video *Realtime*, jika tujuannya adalah untuk membuat game.

Gerakan 3D biasanya ditampilkan dengan kecepatan lebih dari 24 tepi setiap detik dengan konsep yang memiliki bentuk, *volume* dan ruang. Animasi 3D adalah jantung dari permainan dan realitas virtual, tetapi biasanya animasi 3D juga digunakan dalam presentasi grafis untuk menambahkan efek visual atau film. Pembuatan media animasi 3D menikmati manfaat mengenai bahan berkualitas dan rencana memikat (Tafonao, 2018).

Media pembelajaran merupakan salah satu bagian penting dalam pengalaman yang berkembang. Media Pembelajaran dapat diklasifikasikan menjadi beberapa, diantaranya audio semi gerak, visual gerak, visual diam, semi gerak, audio, dan media cetak. Pemanfaatan media pembelajaran yang belum bervariasi dan belum optimal menyebabkan tidak adanya minat siswa untuk belajar. Hal ini penting, mengingat bertentangan dengan motivasi di balik media pembelajaran, khususnya sebagai alat bantu pembelajaran yang berharga untuk memperlancar pengalaman pendidikan. Perkembangan teknologi saat ini membuat media pembelajaran sudah beragam macamnya, salah satu media yang dapat digunakan ialah animasi video pembelajaran berbasis animasi dapat menambah daya tarik yang dapat memiliki pilihan untuk memahami sesuatu yang membingungkan atau rumit atau menantang untuk dipahami hanya dengan gambar atau secara verbal. Dengan kapasitas ini, keaktifan dapat dimanfaatkan untuk memaknai suatu materi yang seharusnya tidak terlihat oleh mata, dengan membayangkan materi yang digambarkan dapat digambarkan, gerakan yang menjadi pilihan ialah Animasi 3D (Yaumi, 2018).

Seperti yang sudah disebutkan di atas, objek 3D mempunyai bentuk, volume, dan ruang. Animasi berasal dari benda mati, kemudian secara berurutan disusun

dalam posisi yang berbeda sehingga seolah - olah menjadi hidup. Dengan tujuan agar artikel ini memfasilitasi X, Y, dan Z. Dengan asumsi dalam keaktifan 2D, artikel harus dipindahkan dalam dua heading, khususnya ke kanan - kiri (X) dan atas - bawah (Y), maka tidak hampir sama dengan aktivitas 3D. Dalam aktivitas 3D, *item* dapat dipindahkan dalam tiga *heading*, yaitu kanan - kiri (X), atas - bawah (Y) dan depan - belakang (Z) (Orvilla & Santoso, 2018).

Tampilan keaktifan gambar 3 lapis dalam game memberikan kualitas yang jauh lebih baik, dan memiliki desain pengembangan dan gaya yang lebih disukai daripada gerakan gambar 2 lapis. Sebagai aturan umum, item 3D memiliki sub objek sebagai komponen yang membentuk item, yaitu *Vertex*, *Edge*, dan *Face*. Titik Simpul adalah titik yang terletak pada arah X, Y, Z. Dua Titik yang digabungkan akan menjadi Ujung. Tiga simpul dan tepi yang dibingkai di wilayah permukaan sebagai tikungan tertutup akan menghasilkan wajah. Berbagai macam *Vertex*, *Edge*, dan *Face* akan berubah menjadi seluruh item yang disebut Cross section (Fadya & Sari, 2018).

Tampilan aktivitas 3D dibedakan menjadi dua, yaitu *Hardsurface* spesifik dan Natural. Model permukaan keras adalah jenis barang yang dibuat atau dikembangkan oleh orang, seperti desain, kendaraan, robot, dan mesin yang berbeda. Sedangkan model natural adalah subjek yang biasanya ada di alam, seperti makhluk, tumbuhan, batu, kabut, kilat, dan lain-lain. (Tafonao, 2018).

Semakin banyak inovasi yang berkembang pada bidang ini, menyebabkan industri kreatif mengembangkan teknologi dalam penyediaan jasa pembuatan film

animasi 3d. oleh karena itu, cara yang lebih efektif sangat dibutuhkan dalam proses pembuatan film animasi 3d ini, salah satu bagian penting dalam pembuatan animasi 3d ialah *camera animation* (Ferry et al., 2019).

Camera animation atau camera movement adalah strategi aktivitas tingkat tinggi, keaktifan ini sebenarnya menggerakkan kamera agar aktivitas terlihat lebih unik. Animasi kamera ada beberapa macam keperluan yaitu untuk mode *panning camera*, *zooming camera*, dan gerakan kamera yang lain.

Untuk menentukan *shot* dalam lingkungan 3D pada teknik *camera animation* ini, digunakan pendekatan *constraint-based*. Pada pendekatan *constraint-based*, pencarian lengkap dilakukan berdasarkan diskretisasi area pencarian yang digunakan untuk mengembangkan sistem *constraintcam*. Pencarian difokuskan untuk pemuasan parsial dari constraint untuk mengontrol kamera dengan mengidentifikasi ketidak konsistenan melalui sebuah konstruksi pasangan grafik yang tidak kompatibel. Sistem yang dikembangkan masih perlu dilengkapi dengan visualisasi berdasarkan narasi sinematografi. Penentuan shot dilakukan dengan mendefinisikan *set constraint* untuk objek yang ditampilkan dalam *scene* atau pada kamera. Solusi *constraint* berusaha mencari nilai untuk setiap parameter kamera sampai *constraint* dapat dipenuhi. Setiap *constraint* menyeleksi rentang nilai yang di ijinkan nilai optimal yang sifatnya opsional, dan nilai yang mengindikasikan kepentingan relatif terhadap *constraint*-nya. Pada penelitian (Ruttkey, 2001), Teknik *camera animation* menggunakan pendekatan *constraint-based* ini digunakan dalam pembuatan aplikasi animasi komputer untuk menentukan kondisi sisi guna menghasilkan gerakan yang disintesis menurut persamaan himpunan

gerak standar, biasanya secara fisik realistis. Sedangkan Menurut (Hosohe et al., 1994), dengan menggunakan pendekatan *constraint-based* berbagai kendala dapat dipecahkan secara efisien secara *constraint* menggunakan algoritma DETAIL yang secara bertahap memecahkan beberapa solusi dengan mengelompokkan bersama kendala siklik atau konflik ke dalam sel kendala. Bahkan jika harus diselesaikan secara bersamaan. Selain kendala *multiway*, pendekatan ini menangani berbagai jenis kendala lainnya. sebagai contoh, kendala diselesaikan dengan metode kuadrat terkecil. Selanjutnya menyatukan berbagai jenis kendala dalam satu sistem.

Berdasarkan beberapa penelitian yang telah ada, pembuatan animasi menggunakan pendekatan *constraint-based* dapat lebih terarah. Dalam penelitian ini akan diciptakan animasi berbasis permainan 3D dengan mengembangkan SVC (*Smart Virtual Camera*) melalui pendekatan *constraint* yang menggunakan referensi sesuai dengan Database komponen shot yang meliputi pergerakan, aksi, dan lingkungan. Sehingga menghasilkan gerakan yang dapat memberikan representasi dari ide yang ingin disampaikan. Dengan cara ini siswa dapat membayangkan materi yang mereka hadapi dan siswa dapat memahami materi dengan baik. Gerakan dapat memberikan gambaran yang wajar dari suatu materi sehingga pemanfaatan keaktifan dalam pembelajaran dapat membangun keunggulan dan inspirasi siswa dalam belajar. Oleh karena itu media pembelajaran menggunakan animasi dapat mempercepat pemahaman siswa terhadap pelajaran yang disampaikan. Sehingga kegiatan belajar menjadi lebih efektif dan efisien.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan paparan latar belakang masalah diatas dapat diidentifikasi permasalahan yaitu, Apakah kontrol kamera virtual otomatis menggunakan metode pendekatan *constraint optimization* dapat diterapkan pada pembuatan film animasi biologi 3D tentang sumber pangan fungsional dan penanganan radikal bebas?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis dan menerapkan kontrol kamera virtual otomatis menggunakan metode pendekatan *constraint optimization* pada pembuatan film animasi biologi 3D tentang sumber pangan fungsional dan penanganan radikal bebas.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut :

- a. Berbasis pada *desktop* dan dapat dijalankan pada platform system operasi *Windows*
- b. Animasi 3D yang ditujukan kepada seluruh kalangan umur
- c. Difokuskan pada cara kerja mengontrol kamera virtual otomatis menggunakan metode pendekatan *constraint optimization* untuk pembuatan film
- d. 10 kali pengujian disetiap kamera pada semua peta
- e. Jumlah sudut : *eye level, high angel, low angel, bird eye*

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah keefektifan mengontrol kamera virtual otomatis menggunakan metode pendekatan *constraint optimization* sebagai alat untuk mengedukasi masyarakat pada pangan fungsional dan penanganan radikal bebas.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan yang tersusun dalam beberapa bab laporan pembahasannya sebagai berikut :

Bab I Pendahuluan : Pendahuluan membahas tentang latar belakang penelitian, identifikasi masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan manfaat penelitian

Bab II Tinjauan Pustaka : Tinjauan pustaka yang mendasari landasar teori-teori dalam pembuatan film tersebut.

Bab III Analisis dan Perancangan : Analisis dan perancangan membahas tentang analisa kebutuhan dari pembuatan film yang dibuat, serta penggunaan teknis camera *animation*

Bab IV Hasil dan Pembahasan : Hasil dan pembahasan meliputi implementasi dari Film yang dibuat.

Bab V Penutup : Penutup memuat kesimpulan secara keseluruhan dari film tersebut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Bab dua akan menjelaskan tentang penelitian terkait dengan penelitian yang dikerjakan. Dan juga akan menjelaskan tentang landasan teori yang terkait dengan penelitian ini.

2.1 Penelitian Terkait

Keterkaitan penelitian dengan penelitian yang sudah ada antara lain :

1. Penelitian pertama berjudul “*Locally simultaneous constraint satisfaction*”.

Pada penelitian ini teori *constraints* menjadi sebuah solusi untuk berbagai kendala dengan meminimalkan kesalahan menggunakan metode kuadrat terkecil. Menggunakan algoritma DETAIL yang secara bertahap memecahkan beberapa solusi dengan mengelompokkan bersama kendala siklik atau konflik ke dalam sel kendala. Bahkan jika harus diselesaikan secara bersamaan. Selain kendala *multiway*, pendekatan ini menangani berbagai jenis kendala lainnya. sebagai contoh, kendala diselesaikan dengan metode kuadrat terkecil. Selanjutnya menyatukan berbagai jenis kendala dalam satu system (Hosohe et al., 1994).

2. Penelitian kedua berjudul “*Constraint-Based Facial Animation*” Pada penelitian ini, dinyatakan bahwa teori *constraints* telah diaplikasikan pada pembuatan animasi untuk menentukan kondisi sisi halus agar menghasilkan gerakan yang disintesis sesuai dengan standar, biasanya secara fisik realistis, persamaan gerak. Dalam pembuatan animasi wajah, digunakan batasan numerik untuk menyatakan mimik *repertoar* wajah sintetis (Ruttkay, 2001).

3. Penelitian ketiga berjudul “Penerapan Sinematografi dalam Penempatan Posisi Kamera dengan Menggunakan Logika Fuzzy”. Penelitian ini mengenalkan sebuah pendekatan baru untuk penempatan posisi kamera virtual secara otomatis pada lingkungan virtual yang sesuai dengan kaidah sinematografi dengan pendekatan logika fuzzy. Sistem ini akan menangani pengaturan kamera untuk mendapat sudut, jarak, dan ketinggian yang cocok untuk setiap adegan. Penelitian ini akan menggunakan simulasi permainan komputer dengan beberapa aksi dengan dua macam gaya penempatan posisi kamera yaitu kamera statis dan kamera dinamis. Metode yang digunakan adalah logika fuzzy dengan metode mamdani (Junaedi, Hariadi, et al., 2018a).
4. Selanjutnya penelitian yang keempat berjudul “*Profiling Gaya Sutradara Berdasarkan Penempatan Posisi Kamera dengan Fuzzy Logic*”. Penelitian ini dilakukan menggunakan teknologi bernama *Machinima*. *Machinima* adalah teknologi yang akan menempatkan sebuah komponen sinematik dalam dunia virtual. Salah satu komponen yang dapat dikontrol adalah penempatan posisi kamera. Seorang sutradara bisa dibedakan berdasarkan penempatan posisi kamera. Dengan menerapkan suatu gaya penyutradaraan pada sebuah permainan atau animasi bisa mendapatkan suasana yang berbeda. Penelitian ini akan mencoba melakukan *profiling* terhadap gaya seorang sutradara berdasarkan kebiasaan penempatan posisi kamera. Pendekatan yang dilakukan berbasis logika fuzzy (Junaedi, Hariadi, et al., 2018b).
5. Selanjutnya penelitian yang kelima berjudul “*Camera Placement Based On Director’s Style Using Fuzzy Logic*”. Pada penelitian ini Penempatan kamera

pada penelitian ini tidak hanya berbasis *fuzzy output*, tetapi juga menggunakan beberapa modul tambahan sehingga file hasilnya lebih sesuai dengan dunia nyata. Dalam game ini, ada pemilih acara untuk setiap adegan untuk memvalidasi urutan acara. Selain itu juga merupakan modul direktur negara yang berfungsi sebagai kamera virtual operator dalam animasi sehingga gerakan kamera akan sesuai dengan prinsip sinematografi. Operator kamera memegang a peran dalam perhitungan posisi kamera berdasarkan sumbu x, y, dan z, serta dalam memperhalus koordinat penempatan kamera (Junaedi, Pranata, et al., 2018).

6. Penelitian yang keenam berjudul “Penempatan Posisi Multi Kamera Berdasarkan Gaya Sutradara Berbasis Logika Fuzzy”. Penelitian ini dilakukan sebuah pendekatan agen cerdas dengan multi perilaku untuk menempatkan kamera virtual dalam lingkungan virtual secara otomatis sesuai dengan gaya seorang sutradara. Setiap kamera virtual itu akan memiliki perilaku yang berbeda berdasarkan kaidah sinematografi sehingga memiliki *Point of View* (POV) yang berbeda. Untuk memberikan perilaku pada kamera virtual akan digunakan pendekatan berbasis logika fuzzy dengan menggunakan metode mamdani. Jumlah variabel masukan yang digunakan sejumlah tiga dan variabel keluaran sejumlah tiga dengan membership function antara tiga sampai lima. Berdasarkan hasil percobaan di penelitian ini, didapatkan bahwa logika fuzzy berhasil digunakan untuk mewakili perilaku kamera virtual berdasarkan gaya seorang sutradara. Setiap kamera akan memiliki sudut pandang yang berbeda tergantung dari action yang sedang dilakukan (Junaedi, Pranata, et al., 2018).

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Animasi sebagai Media Pembelajaran

Media berasal dari istilah bahasa Latin “medium” yang secara harafiah berarti perantara atau pengantar. Sehingga media berarti alat bantu yang dapat dijadikan sebagai media perantara yang dapat menyalurkan informasi dari pengirim pesan kepada penerima pesan. Pengalaman mendidik dan menumbuhkan pada dasarnya juga merupakan siklus korespondensi, sehingga media yang digunakan dalam pembelajaran disebut media pembelajaran. Media pembelajaran penting untuk aset pembelajaran yang merupakan perpaduan antara pemrograman (materi pembelajaran) dan peralatan (instrumen pembelajaran) (Depdiknas, 2003).

Media pembelajaran bisa diklasifikasikan berdasarkan bentuk informasi yang digunakan, yaitu media visual diam, media visual gerak, media audio, media audio visual diam, dan media audio visual gerak. Sedangkan berdasarkan cara penyajiannya, media pembelajaran dapat dibagi menjadi tujuh, diantaranya (Sumiharsono & Hasanah, 2017):

1. Media grafis, bahan cetak, dan gambar diam merupakan media visual yang menyajikan gagasan melalui penyajian kata-kata, angka, simbol/gambar sehingga dapat mengilustrasikan fakta-fakta sehingga menarik perhatian. Kelebihan dari penggunaan media grafis ini adalah dapat mempermudah dan mempercepat pemahaman siswa terhadap pesan yang disajikan, pembuatannya juga lebih mudah, serta sangat menarik perhatian. Namun penyajian pesan hanya berupa unsur visual saja. Contoh dari media grafis adalah poster, diagram, table dsb. Sedangkan media bahan cetak,

merupakan media visual yang pembuatannya melalui proses pencetakan/*printing/offset*. Kemudian media gambar diam, merupakan media yang dihasilkan dari gambar melalui proses fotografi. Media ini lebih konkret dibanding media grafis namun biasanya ukurannya terbatas, sehingga kurang efektif untuk pembelajaran kelompok besar.

2. Media proyeksi diam, merupakan media visual yang memproyeksikan pesan yang memiliki sedikit unsur gerakan.
3. Media Audio, merupakan media yang penyampaiannya diterima oleh indera pendengaran. Pesan-pesan yang disampaikan berupa lambing-lambang auditif. Contohnya radio, alat perekam dsb.
4. Media audio visual diam, penyampaian dengan media ini dapat diterima oleh indera penglihatan dan pendengaran. Akan tetapi gambar yang dihasilkan diam atau sedikit memiliki unsur gerak.
5. Film (*Motion Pictures*), media ini menyampaikan pesan berupa audiovisual dan gerak. Media ini sangat bagus untuk menerangkan suatu proses, namun biaya produksinya sangat mahal.
6. Televisi, penyampaian media ini sama dengan film namun sayangnya program yang disampaikan tidak dapat diulang ulang.

Salah satu media pembelajaran yang marak digunakan dewasa ini adalah menggunakan film/game. Jenis media film/game yang paling efektif mulai dari umur belia hingga dewasa adalah film animasi. Perencanaan yang mendasari media pembelajaran sebagai animasi film dimulai dengan membuat outline. Kemudian dilanjutkan dengan menelaah program pendidikan sebagai prospektus, ilustrasi

rencana, dan materi pembelajaran. Setelah mempelajari rencana pendidikan, lanjutkan dengan membuat situasi dan papan cerita. Situasi dan *storyboard* yang telah ditelaah, dari konsekuensi percakapan tersebut terdapat sumber data dan ide yang dilingkari kembali untuk penyempurnaan. Setelah diperbaiki, situasi dan *storyboard* diterapkan ke *Personal Computer* (Hasanah & Nulhakim, 2015).

Pada pendidikan Islam, proses penyampaian ilmu dan pembelajaran sudah dilakukan semenjak zaman Rasulullah Saw. Pada zaman Nabi Saw, sebenarnya media pembelajaran sudah diaplikasikan oleh Rasulullah Saw sebagai sarana penyampaian materi ajaran agama Islam. Sedangkan cikal bakal tentang penggunaan teknologi dalam komunikasi termasuk komunikasi dalam pembelajaran. Hal ini diungkapkan dalam surah AnNaml (27) 29 – 30, yaitu tentang cerita Nabi Sulaiman dan Ratu Balqis;

قَالَتْ يَا أَيُّهَا الْمَلَأُ إِنِّي أُلْقِيَ إِلَيَّ كِتَابٌ كَرِيمٌ (٢٩)

إِنَّهُ مِنْ سُلَيْمَانَ وَإِنَّهُ بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ (٣٠)

“ (29) berkata ia (Balqis): “Hai pembesar pembesar, Sesungguhnya telah dijatuhkan kepadaku sebuah surat yang mulia, (30) Sesungguhnya surat itu, dari Sulaiman dan Sesungguhnya (isi)-nya: “Dengan menyebut nama Allah Subhanahu Wa Ta’ala yang Maha Pemurah lagi Maha Penyayang.

Tafsir Jalalain membahas bahwa: “Pergilah membawa surahku ini, lalu jatuhkan kepada mereka) kepada ratu Balqis dan kaumnya (kemudian berpalinglah) pergilah (dari mereka) dengan tidak terlalu jauh dari mereka (lalu perhatikanlah apa yang mereka bicarakan)” sebagai jawaban atau reaksi apakah yang bakal mereka lakukan. Kemudian burung hudhud membawa surat itu lalu mendatangi Ratu Balqis yang pada waktu itu berada di tengah-tengah bala tentaranya. Kemudian burung

hud-hud menjatuhkan surat Nabi Sulaiman itu ke pangkuannya. Ketika Ratu Balqis membaca surat tersebut, tubuhnya gemetar dan lemas karena takut, kemudian ia memikirkan isi surat tersebut. Selanjutnya (Ia berkata) yakni ratu Balqis kepada pemuka kaumnya, (Hai pembesarpembesar! Sesungguhnya aku) dapat dibaca *al-malā'u innī* dan *almalā'u winni*, yakni bacaan secara *tahqīq* dan *tashīl* (telah dijatuhkan kepadaku sebuah surah yang mulia) yakni surat yang berstempel. (Sesungguhnya surat itu dari Sulaiman dan sesungguhnya isinya) kandungan isi surat itu, (Dengan menyebut nama Allah Subhanahu Wa Ta'ala Yang Maha Pemurah lagi Maha Penyayang) (Jalaluddin Asy-Syuyuthi, & Jalaluddin Muhammad Ibn Ahmad Al-Mahalliy, 2009).

Uraian tentang potongan cerita Nabi Sulaiman dan Ratu Balqis tersebut terjadi sebagai teknologi komunikasi yang canggih pada masa itu. Nabi Sulaiman menggunakan burung hud-hud untuk menyampaikan pesan dalam bentuk surat yang disampaikan kepada Ratu Balqis, sehingga yang disampaikan dapat diterima dengan baik sampai pada tujuan yang dikehendaki. Bahkan Nabi Sulaiman telah memperlihatkan teknologi yang canggih di istananya, yang Allah Subhanahu Wa Ta'ala.

2.2.2 Film Animasi

Pada dasarnya, keaktifan adalah perubahan artikel/gambar di mana semua fokus pada item apa pun akan diubah oleh prinsip-prinsip tertentu, sementara kerangka arah tetap. Animasi yang bagus dihasilkan dari gambar yang cukup banyak agar hasil akhir animasi tampak gerakan yang berkesan halus. Oleh karena

itu, gambar-gambar yang diambil haruslah pindahkan situasi sesedikit mungkin sehingga progresi atau perubahan pada gambar terlihat lebih menarik dan hebat. Terlebih lagi, kecepatan tertentu juga diharapkan untuk menampilkan gambar yang dibuat dalam gerakan. Pemanfaatan film berenergi 3D sebagai sarana untuk menyampaikan data merupakan cara yang sukses karena tidak sulit dijangkau dan secara lahiriah memikat. Berdasarkan teknik Implementasinya, animasi dapat dikerjakan menggunakan dua cara. Diantaranya:

1. Interaktif. Animasi interaktif memberikan tampilan yang lebih memikat dan dinamis. Pada animasi interaktif, pengembangan artikel mengikuti perintah yang diberikan oleh klien melalui gadget intuitif. Animasi interaktif paling sering digunakan untuk proyek game.
2. Non Interaktif maupun non interaktif. Dibandingkan animasi non interaktif, Sedangkan keaktifan non-intuitif, pengembangan item hanya dikendalikan dari strategi yang ada dalam sebuah program. Aktivitas non-intuitif paling sering digunakan untuk menghidupkan kembali objek.

Dengan kata lain, Animasi merupakan serangkaian gambar yang digabungkan dan bergerak dengan cepat secara kontinu dan memiliki hubungan satu dengan yang lainnya. Berdasarkan metode pembuatannya, ada dua metode animasi, yaitu animasi tradisional dan modern. Hingga saat ini animasi tradisional masih sering digunakan, sementara bersaing dengan yang lebih modern.

Menurut (Syahfitri, 2011), Animasi adalah salah satu jenis media yang berasal dari dua disiplin ilmu, yaitu film dan gambar. Dua konversi/disiplin ilmu

tersebut sangat penting dimengerti dan diterapkan agar dapat mengerti dan memakai teknik animasi. Animasi dapat diklasifikasikan menjadi dua golongan besar berdasarkan materi atau bahan dasar objek yang dipakai, diantaranya:

1. Film Animasi Dwi – Matra (*Flat Animation*) Disebut juga jenis film animasi gambar, hal ini disebabkan karena hampir semua jenis objek animasi melalui runtun kerja gambar. Beberapa jenis film animasi Dwi – Matra adalah Film Animasi ‘sel’ (*Cel Technique*) dan Penggambaran Langsung pada film. Jenis film Animasi ‘sel’ (*Cel Technique*) merupakan teknik dasar dari film animasi kartun. Teknik animasi ini memanfaatkan serangkaian gambar yang dibuat diatas lembaran plastik tembus pandang yang disebut ‘sel’ b. Sedangkan Direct Drawing pada film Film berenergi ini menggunakan strategi menggambar objek hidup yang dibuat secara langsung pada pita seluloid, baik pasti atau negatif tanpa melalui pemotretan kamera 'stop outline', untuk kebutuhan kreatif yaitu. Atau di sisi lain yang merupakan cobaan, mencari novel, hal baru.
2. Film Animasi Tri – Matra (*Object Animation*). Pada jenis film animasi ini, pergerakan benda sangat sulit dilakukan. Karena sifat bahan yang dipakai mempunyai ruang gerak yang terbatas. Tidak seperti jenis film animasi gambar, bebas melakukan berbagai gerakan yang diinginkan.

Film animasi dibuat dengan menampilkan gambar-gambar secara berurutan sehingga orang banyak merasa bahwa gambar-gambar yang ditampilkan akan tampak hidup dan mengharukan, dan selanjutnya memberikan karakter pada artikel-artikel tersebut. Pada awalnya, film-film vivified dibuat dengan potongan-

potongan kertas yang digambar dengan tangan dan kemudian diatur untuk membuat dampak gambar bergerak. Saat ini, inovasi PC dapat diakses yang dapat bekerja dengan cara paling umum untuk membuat film berenergi (Mahendra et al., 2018).

Berdasarkan Penelitian (Fathurohman et al., 2015) Film animasi dapat digunakan sebagai salah satu media belajar yang menggabungkan antara audio dan visual dengan penceritaan cerita menggunakan sarana animasi atau biasa disebut dengan kartun. Media pembelajaran menggunakan Film yang dimeriahkan merupakan panggung untuk memberikan kenyamanan kepada pendidik dalam menerapkan materi pembelajaran sesuai dengan pekerjaan dan kegunaannya. Selain itu, penggunaan film aplikasi juga sangat memudahkan siswa dalam memahami materi. Film animasi dapat diaplikasikan dengan berbagai macam bahasa untuk menunjang pengetahuan siswa dengan langkah penerapannya.

Menurut (Utami, 2011), Media film animasi adalah media umum sebagai perkembangan gambar tak hidup yang berurutan di tepi dan tampak mekanis sehingga menunjukkan tanda-tanda kehidupan di layar. Karena satu-satunya aspek dan sifat pengalihan, akhir-akhir ini banyak film yang dihidupkan kembali muncul di *Television*. Bagaimanapun, sebagian besar film yang dihidupkan kembali ini tidak mendorong pelatihan logis. Sebagian besar film berenergi yang ditampilkan di *Television*, tidak menahan apa pun. Meskipun demikian, ada beberapa film yang dihidupkan kembali ini yang menambahkan pesan etis pada ceritanya. Ketertarikan pada film-film yang menarik, dialami oleh anak-anak muda, namun dewasa ini para remaja bahkan orang dewasa, tidak sedikit yang tertarik untuk menonton film-film yang menarik.

Penggunaan film yang dimeriahkan dalam pengalaman yang berkembang dapat bekerja pada sifat siklus dan hasil belajar, karena film yang dihidupkan itu menarik. Dengan asumsi media film yang hidup ini menonjol untuk para siswa, diyakini bahwa datanya akan jelas, karena sangat mungkin terlibat, terutama telinga dan mata yang digunakan untuk mengasimilasi data..

Menurut dalam penelitiannya alur pembuatan animasi adalah sebagai berikut:

1. Kegiatan dan pemotretan. Pada tahap ini sumber-sumber yang telah terkumpul akan dihidupkan kembali dan gambar-gambar akan diambil dengan menggunakan prosedur gerakan berhenti (*outline by-outline*) yang ditunjukkan oleh storyboard yang telah dibuat. Keaktifan interaksi diselesaikan dengan menerapkan standar kegiatan, dan pengambilan gambar diakhiri dengan penerapan sinematografi, misalnya titik kamera, pengembangan kamera, dan jenis jepretan..
2. *Tunning*. Setelah keaktifan dan pengambilan gambar, tahap selanjutnya adalah proses *tunning* gambar, artinya untuk mengasah nuansa gambar yang telah diambil, sistem *tunning* ini menggabungkan pengaturan *brightness, contrast, curves*, dan *level* yang ada pada *software*.
3. Menyusun *Frame*. Setelah gambar/garis besar disetel, dapat berlanjut ke fase menyebabkan garis besar keributan. Tahap ini merupakan interaksi yang selesai untuk memotret semua sisi menjadi satu adegan. Tepi yang saling terkait akan digabungkan menjadi sebuah adegan, atau setidaknya, dengan mengatur casing secara berurutan, sehingga perkembangan item harus terlihat.

4. Menggabungkan *scene*. Setelah setiap *frame* disusun menjadi adegan, tahap selanjutnya adalah menggabungkan adegan-adegan itu menjadi film yang berenergi. Adegan akan diatur oleh alur cerita yang masih mengudara di storyboard. Setelah masing-masing adegan disusun berdasarkan alur cerita yang telah dibuat di storyboard, selanjutnya yang harus dilakukan adalah memberikan interpretasi video antara kedua adegan tersebut.
5. *Export*. Setelah setiap adegan dikonsolidasikan menjadi film berenergi, langkah terakhir adalah tahap Produk, di mana film yang telah dibuat akan ditukar dengan rekaman video.

2.2.3 Sinematografi

Sinematografi merupakan suatu teknik yang menangkap gambar dan menggabungkan gambar yang ditangkap tersebut menjadi satu, sehingga seolah-olah gambar tersebut menjadi bergerak. Sinematografi diartikan sebagai ilmu dan teknik pembuatan film atau ilmu, teknik, dan seni pengambilan gambar film dengan sinematograf. Teknik sinematografi dapat diklasifikasikan menjadi tiga tingkatan, yaitu *medium shot*, *medium long shot*, *full shot*, dan *long shot* (Mahendra et al., 2018).

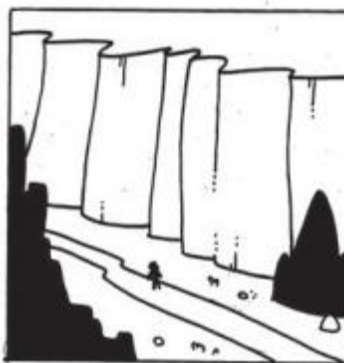
Sinematografi juga merupakan teknik pengaturan pencahayaan dan kamera ketika merekam gambar agar menghasilkan sebuah film yang baik pada sebuah sinema. Kaidah sinematografi sangat penting diterapkan, karena penataan kamera yang tepat dan baik dapat menciptakan sebuah karya menjadi lebih menarik berdasarkan cerita yang dibuat. Sinematografi yang bagus dapat membantu penonton untuk memahami pemikiran atau jalan cerita yang diangkat. Adapun

beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam dunia sinematografi adalah *camera angle*, *continuity*, *cutting*, dan *composition* (Brown, 2012).

2.2.3.1 Tipe pengambilan gambar berdasarkan jarak

Jarak/*shot* yang berbeda dapat membantu orang banyak untuk memahami pemikiran atau jalan cerita yang diangkat memiliki berbagai implikasi ketika dilakukan dalam pengambilan foto/pemotretan. Beberapa variasi dalam jam pengambilan gambar atau pengambilan gambar akan menghasilkan pengambilan video yang sangat menarik. Menurut Heiderich (2015) Ada beberapa jenis pengambilan gambar pada teknik sinematografi yaitu:

1. *Extreme Long Shot* biasanya digunakan untuk menampilkan subject dengan skala yang relatif besar atau sangat besar. Berikut adalah ilustrasi gambar pengambilan dengan teknik *Extreme Long Shot*.



Gambar 2. 1 Ilustrasi Gambar Pengambilan dengan Teknik *Extreme Long Shot*

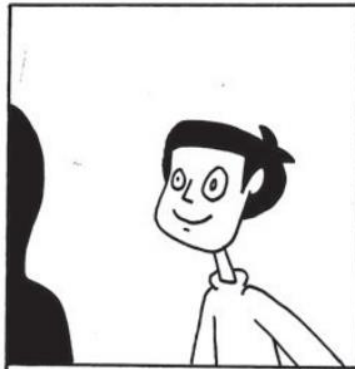
2. *Long Shot/wide*. yaitu pengambilan gambar berdasarkan jarak. Jarak kamera dari subjek pengambilan gambar juga dapat mencerminkan

jarak emosional. Berikut adalah ilustrasi gambar pengambilan dengan teknik *Long Shot/wide*.



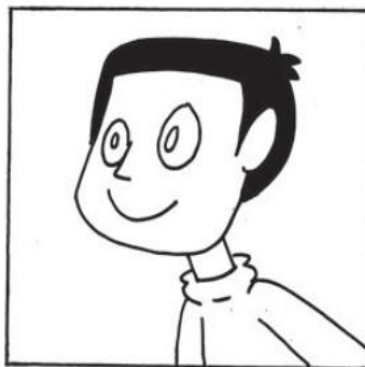
Gambar 2. 2 Ilustrasi Gambar Pengambilan dengan Teknik *Long Shot/Wide*

3. *Medium long shot*. Metode ini terletak di antara peluang jarak jauh dan bidikan jarak dekat, prosedur pemotretan ini menghadirkan gambar yang lebih bernilai daripada mendalam. Temperamennya terlalu dekat dan terlalu jauh untuk menyampaikan metode yang dekat, sehingga digunakan benar-benar nonpartisan.
4. *Medium shot*. Metode pemotretan medium shot ini adalah posisi di mana kita mulai menarik diri dengan orang tersebut secara individu, misalnya jarak ketika seseorang sedang berdiskusi. Berikut adalah ilustrasi gambar pengambilan dengan teknik *medium shot*.



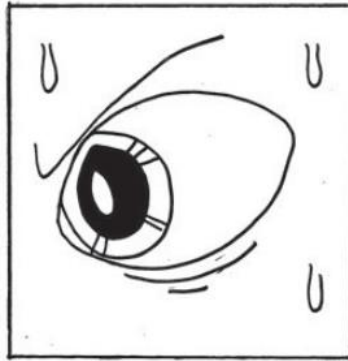
Gambar 2. 3 Ilustrasi Gambar Pengambilan dengan Teknik *Medium Shot*

5. *Close up*. *Close up* yaitu pengambilan gambar yang bertujuan untuk lebih menampilkan ekspresi dan emosi actor atau sifat dari suatu objek mengabaikan visual tentang lingkungan objek. Berikut adalah ilustrasi gambar pengambilan dengan teknik *Close up*.



Gambar 2. 4 Ilustrasi Gambar Pengambilan dengan Teknik *Close Up*

6. *Extreme close up*. Teknik ini dapat digunakan untuk memperkuat intensitas emosional, *extreme close up* menempatkan kamera tepat didepan objek, menampilkan detil objek. Berikut adalah ilustrasi gambar pengambilan dengan teknik *Extreme close up*.



Gambar 2. 5 Ilustrasi Gambar Pengambilan dengan Teknik *Extreme Close Up*

7. *Dutch angle*. Teknik memiringkan kamera ini digunakan untuk memberikan isyarat halus bahwa sesuatu tentang adegan itu tidak stabil, efeknya menampilkan ketidak seimbangan mental atau emosi pada karakter. Berikut adalah ilustrasi gambar pengambilan dengan teknik *Dutch angle*.



Gambar 2. 6 Ilustrasi Gambar Pengambilan dengan Teknik *Dutch Angle*

8. *Bird's eye shot*. *Bird's eye shot* ini mirip dengan extreme long shot, pengambilan gambar yang lebih luas, biasanya digunakan untuk menampilkan suatu view dari ketinggian. Berikut adalah ilustrasi gambar pengambilan dengan teknik *Bird's eye shot*.



Gambar 2. 7 Ilustrasi Gambar Pengambilan Dengan Teknik Bird's Eye Shot

2.2.3.2 Tipe pengambilan gambar berdasarkan ketinggian/*angle* pengambilan Menurut (Junaedi *et al.*, 2018a), Salah satu yang sangat penting ditekankan dalam sinematografi adalah penempatan kamera atau yang biasanya dikenal dengan *angle* kamera. *Angle* kamera adalah penempatan posisi kamera saat merekam sebuah adegan pada film. Setiap adegan pada film dapat diambil dari beberapa perspektif yang berbeda. Beberapa kaidah dalam sinematografi berdasarkan jarak ketinggian *angle* antara lain:

1. *high angle shot*. Pengambilan gambar pada sudut pandang yang tinggi.
2. *low angle shot*. Pengambilan Gambar pada sudut pandang yang Rendah
3. *medium/eye level shot*. Pengambilan gambar dengan sudut pandang yang normal atau sejajar dengan mata manusia.
4. *close up shot*. Pengambilan gambar yang digunakan untuk menekankan keadaan emosional subyek.



Gambar 2. 8 Kaidah Dalam Sinematografi Berdasarkan Jarak Ketinggian *Angle*

2.2.4 *Theory Of Constraints*

Pada mulanya *Theory of constraints* (TOC) digunakan untuk melakukan perencanaan sumber daya produksi. Kemudian terus dikembangkan seiring dengan perkembangan teknologi, bentuk dan hubungan industri serta persaingannya. *Theory of constraints* (TOC) merupakan suatu pendekatan yang bertujuan untuk meningkatkan *output* dengan cara meningkatkan proses yang berfokus pada elemen-elemen yang dibatasi. Penggunaan TOC dalam merencanakan kegiatan produksi tetap relevan digunakan, khususnya untuk perencanaan yang berkaitan dengan keterbatasan sumber daya (*resource*) (Şimşit *et al.*, 2014).

Menurut (Hosohe *et al.*, 1994) pada penelitiannya teori *constraints* menjadi sebuah solusi untuk berbagai kendala dengan meminimalkan kesalahan menggunakan metode kuadrat terkecil. Menggunakan algoritma DETAIL yang secara bertahap memecahkan beberapa solusi dengan mengelompokkan bersama

kendala siklik atau konflik ke dalam sel kendala. Bahkan jika harus diselesaikan secara bersamaan. Selain kendala *multiway*, pendekatan ini menangani berbagai jenis kendala lainnya. sebagai contoh, kendala diselesaikan dengan metode kuadrat terkecil. Selanjutnya menyatukan berbagai jenis kendala dalam satu sistem.

Pada penelitian (Ruttkay, 2001), dinyatakan bahwa teori *constraints* telah diaplikasikan pada pembuatan animasi untuk menentukan kondisi sisi halus agar menghasilkan gerakan yang disintesis sesuai dengan standar, biasanya secara fisik realistis, persamaan gerak. Dalam pembuatan animasi wajah, digunakan batasan numerik untuk menyatakan mimik *repertoar* wajah sintetis.

Menurut (Okutmuş et al., 2015), *Constraints* dapat diklasifikasikan berdasarkan cara pengelolaannya. Ada beberapa jenis administrasi imperatif seperti batas, aksesibilitas bahan mentah, keadaan politik, pasar, yayasan, operasi yang direncanakan, strategi kerja, perilaku, organisasi, dan SDM. Pendekatan TOC memiliki beberapa asumsi yang digunakan. Asumsi yang biasanya digunakan pada penelitian-penelitian TOC antanya, yaitu:

1. Tujuan mendasar dari sebuah organisasi atau asosiasi adalah untuk mendapatkan keuntungan yang paling ekstrim
2. Biaya kerja langsung dianggap sebagai biaya kerja
3. Ada suatu tempat di sekitar satu batasan atau keharusan pada setiap item yang membuat organisasi tidak mencapai tujuan utamanya. Keterbatasan ini dapat muncul dari dalam atau luar pergaulan
4. Biasanya ada tantangan dalam mengatur aliran item di jaringan produksi.

Untuk memperbaiki system, terdapat 5 cara untuk meningkatkan *throughput* dengan menggunakan pendekatan TOC di antaranya:

1. *Identifying Constraint*: Identifikasi konstrain dalam sistem
2. *Exploiting Constraint*: Melakukan eksploitasi terhadap stasiun konstrain
3. *Subordinate all parts of the manufacturing system*: Subordinasi semua bagian lain dari sistem manufaktur
4. *Elevating Constraint*: Tingkatkan kemampuan stasiun konstrain untuk memecahkan masalah
5. Jika konstrain telah dipecahkan atau timbul konstrain baru, kembali ke langkah-1. Kerangka pengembangan lebih lanjut yang diselesaikan dalam TOC menunjukkan aksentuasi atau cara untuk menangani aksentuasi TOC dengan bergerak ke stasiun-stasiun konvergensi, dan stasiun-stasiun non-paksa mengikuti hasil yang didapat dari stasiun-stasiun wajib. Aksentuasi ini memudahkan sistem perencanaan untuk diselesaikan, mengingat fakta bahwa cukup untuk menemukan jadwal yang masuk akal untuk stasiun pembatasan dan tidak mencari jadwal yang tepat untuk setiap komponen yang bersangkutan.

2.2.5 Kamera Virtual

Kamera virtual sering dianggap dapat bergerak sepenuhnya bebas, atau dibatasi pada gerakan stereotip sederhana (mis. traveling, arcing, dollyin). Sebaliknya, dalam industri sinema, gerakan kamera sering terbatas pada gerakan rig kamera (*Louma* atau *dolly*) bergerak di sepanjang rail kontinu tunggal.

Menghasilkan gerakan kamera yang realistik. Dalam konteks seperti itu, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, diantaranya memposisikan rail kamera di tempat kejadian, kemudian mengontrol tata letak layar dan kecepatan kamera sehingga menghasilkan gerakan kamera di sepanjang rail dengan baik dan yang terakhir melihat hasil di layar untuk memutuskan apakah harus dilakukan perbaikan pada posisi rail atau pada gerakan kamera (Galvane et al., 2015).

Kontrol kamera virtual menjadi salah satu metode untuk menempatkan kamera secara efektif dan efisien di lingkungan yang dinamis dan tidak dapat diprediksi serta untuk menghasilkan gambar yang kompleks dan dinamis untuk sinematografi di lingkungan virtual. Kamera virtual menyediakan sarana interaksi utama antara pengguna dan lingkungan virtual karena mewakili sudut pandangnya. Aspek-aspek seperti penempatan kamera (mis. konfigurasi parameter kamera dalam lingkungan virtual) dan animasi kamera (mis. proses transisi dari satu set parameter kamera ke yang lain) memberikan peran penting dalam lingkungan interaktif 3D dan memiliki dampak penting pada kegunaan dan pengalaman pengguna secara keseluruhan (Burelli & Yannakakis, 2015).

Menurut (Lino & Christie, 2012), properti visual yang harus ada pada kamera virtual adalah spesifikasi koordinat layar yang tepat, di mana target harus diproyeksikan. Solusi untuk membidik tepat dua subjek di layar adalah manifold 2D berbentuk spindle torus dan manifold dapat dieksplorasi menggunakan dua parameter bermakna ϕ dan θ . Penentuan posisi dan orientasi kamera virtual untuk memenuhi proyeksi layar dua subyek dapat dilakukan dengan mengasumsikan

vektor atas kamera dan menggunakan matriks proyeksi terbalik untuk mengekstrak posisi dan orientasi kamera dari proyeksi di layar subyek.

2.2.6 *Theory Of Constraints* untuk kontrol kamera virtual

Theory Of Constraints yang digunakan pada kontrol kamera virtual adalah Pendekatan *constraint-based*. Yakni untuk menentukan shot dalam lingkungan 3D. Pencarian lengkap yang dilakukan berdasarkan diskretisasi area pencarian dan digunakan untuk mengembangkan sistem *constraintcam*. Pencarian difokuskan untuk pemuasan parsial dari *constraint* untuk mengontrol kamera dengan mengidentifikasi ketidak konsistenan melalui sebuah konstruksi pasangan grafik yang tidak kompatibel. Sistem yang dikembangkan masih perlu dilengkapi dengan visualisasi berdasarkan narasi sinematografi. Penentuan shot dilakukan dengan mendefinisikan *set constraint* untuk objek yang ditampilkan dalam scene atau pada kamera. Solusi *constraint* berusaha mencari nilai untuk setiap parameter kamera sampai constraint dapat dipenuhi. Setiap constraint menyeleksi rentang nilai yang di iijinkan nilai optimal yang sifatnya opsional, dan nilai yang mengindikasikan kepentingan relatif terhadap constraint-nya (Su et al., 2012).

Kontrol Kamera Virtual dengan Pendekatan *constraint-based* dilakukan melalui beberapa tahapan (O. Bourne, A Sattar, S Goodwin 2008) :

a) *Camera Placement Based On Selected Map*

Pengetahuan lingkungan, dengan *SM (Selected Map)* dirumuskan sebagai berikut:

$$SM = \{0,1,2\} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

0 = Tidak ada Peta yang dipilih

1 = Peta Interior terpilih

2 = Peta Eksterior dipilih

b) *Camera Placement Based On Number Of Character*

Jumlah karakter yang beraksi secara dominan dalam satu frame dapat didefinisikan menggunakan rumus berikut.

$$JK = \{0, 1, 2\} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

0 = Tidak ada karakter dalam peta

1 = Terdapat satu karakter dalam peta

2 = Terdapat dua karakter dalam peta

c) *Camera Placement Based On Action*

Dengan AK melambangkan aksi, maka formulasi yang dibentuk adalah sebagai berikut :

$$AK = \{0, 1, 2\} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

0 = Aksi tanpa pergerakan posisi karakter

1 = Aksi dengan pergerakan posisi karakter

2 = Aksi Dialog

d) *Camera Placement based On Character Location*

Pengetahuan lokasi karakter (*LK*) didefinisikan dengan rumus berikut :

$$LK = \{0, 1, 2, \dots, N\} \dots\dots\dots (4)$$

Dimana :

0 = lokasi karakter tidak ditemukan

1 = lokasi karakter ada di template 1

2 = lokasi karakter ada di template 2

N = lokasi karakter ada di template N

e) Identifikasi Penempatan Kamera

Dengan PP melambangkan paket penempatan kamera virtual, maka formulasi yang di bentuk adalah:

$$PP = \{P1, P2, \dots, PN\} \dots \dots \dots (5)$$

$$PP = \{P \mid P \in PP\} \dots \dots \dots (6)$$

berdasarkan jenis pergerakan kamera, maka formulasi yang dibentuk adalah ;

$$PG = \{G1, G2, \dots, GN\} \dots \dots \dots (7)$$

$$PG = \{G \mid G \in PG \} \dots \dots \dots (8)$$

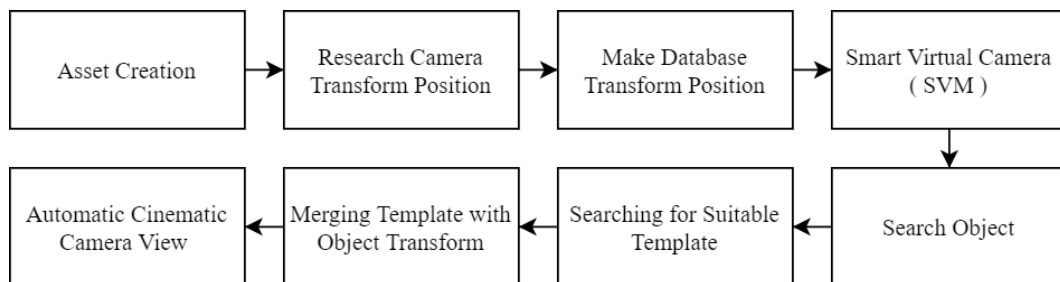
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan tentang Metodologi Pembuatan film animasi biologi tentang sumber pangan fungsional dan penanganan radikal bebas dengan Kontrol kamera virtual otomatis menggunakan metode pendekatan *constraint optimization*.

3.1 Desain sistem

Desain system pada penelitian film animasi biologi tentang sumber pangan fungsional dan penanganan radikal bebas dengan Kontrol kamera virtual otomatis menggunakan metode pendekatan *constraint optimization* berikut :



Gambar 3. 1 Desain Sistem

1. *Asset Creation*, penelitian dimulai dengan pembuatan Environment yang berfungsi sebagai tempat pengambilan gambar.
2. *Research Camera Transform Position*, setelah pembuatan Environment, proses selanjutnya adalah riset posisi camera berdasarkan *Object Dummy*. Hal ini berfungsi untuk menemukan transform posisi camera yang sesuai dengan kaidah sinematografi.

3. *Make Database Transform Position*, Setelah riset selesai dilakukan dan sudah mendapat transform posisi, value tersebut akan dimasukkan dalam database template yang berfungsi sebagai penetapan aturan kondisi transform posisi kamera berdasarkan *object* di dalam *enviromtment*.
4. *Smart Virtual Camera (SVM)*, Setelah database selesai dibuat, proses dilanjutkan dengan pengimputan value dan kondisi terhadap *object* kamera Unity, kamera ini berfungsi sebagai fokus utama pada penelitian ini.
5. *Search Object*, Proses pertama yang akan dilakukan kamera saat program dimulai adalah pencarian *object*.
6. *Searching for Suitable Template*, jika *object* ditemukan akan dilanjutkan dengan pencarian template yang cocok dengan kondisi transform *object*.
7. *Merging Template with Object Transform*, jika ditemukan template yang cocok, maka transform posisi kamera akan berubah sesuai dengan *template*.

3.2 Asset Creation

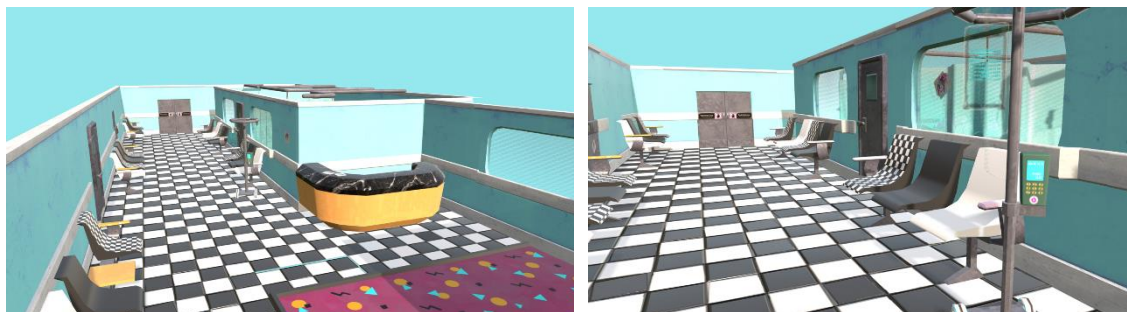
Proses Pertama yang dilakukan pada penelitian ini adalah pembuatan *Asset* yang akan terlihat pada saat program dijalankan. Dan akan menjadi dasar utama dalam penetapan template transform posisi.

3.3.1 Map & Environment Creation

Enviromtment merupakan *asset* yang berfungsi sebagai latar tempat pengambilan gambar, *environement* juga berfungsi sebagai penentu batas minimum dan maksimal template yang akan ditetapkan. *Asset* yang digunakan pada penelitian

ini adalah *asset* 3D dengan menggunakan *software blender* 3D, berikut adalah proses pembuatan *Map & Environment* :

- a. Proses pembuatan Peta dimulai dengan pembuatan terrain dasar dari peta, hal ini berfungsi sebagai dasar dari proses modelling selanjutnya.
- b. Kemudian pembuatan detail dari terrain rumah sakit
- c. Selanjutnya adalah pembuatan *environment* dari rumah sakit, seperti pembuatan kursi, pintu, *help desk*, dan kasur rumah sakit.
- d. Proses selanjutnya adalah penggabungan *Asset environment* kedalam terrain.
- e. Yang terakhir adalah pemberian *texture* pada model yang sudah di buat, pemberian *texture* ini berfungsi untuk memberikan warna pada *object* 3D agar model lebih menarik untuk di lihat. Berikut pada Gambar 3.2 menunjukkan hasil *texturing* peta rumah sakit.

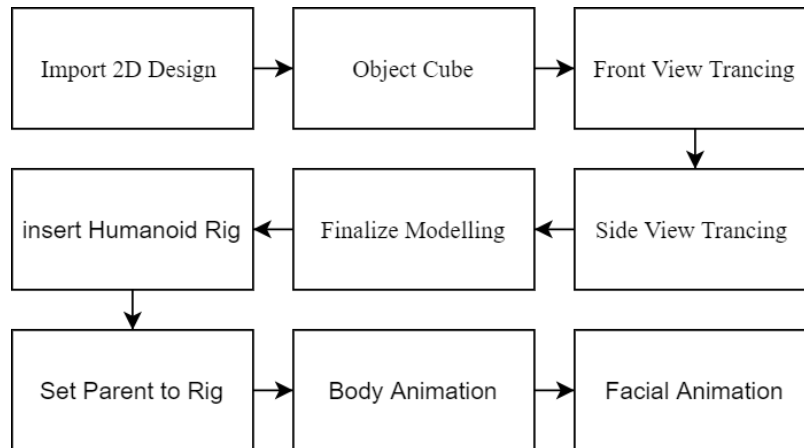


Gambar 3. 2 Hasil *Texturing* Peta Rumah Sakit

3.3.2 *Character Creation*

Character merupakan *asset* yang berfungsi sebagai penentu kondisi posisi kamera, setiap perpindahan lokasi karakter akan menghasilkan posisi kamera yang berbeda juga. Berbeda dengan *environment*, proses pembuatan karakter melalui

proses yang lebih panjang, berikut dapat dilihat pada Gambar 3.3 yang merupakan diagram blok proses pembuatan *Character* :



Gambar 3. 3 Diagram Blok Proses Pembuatan Character

1. *Import 2D Design*

Proses pertama sebelum masuk ke proses modeling adalah Membuat desain sketsa 2D, hal ini bertujuan sebagai dasar dari model 3D, gambar yang menjadi dasar modeling harus memiliki *perspective* depan dan samping dan memiliki proporsi yang sama hal ini dikarenakan agar dapat dilakukan proses *tracing* dengan dua sisi agar model dapat membentuk hasil 3D sesuai dengan sketsa.

2. *Insert Object Cube*

Sebelum melakukan pemodelan 3D, hal yang harus dilakukan adalah melakukan proses *Insert Object Cube*, hal ini bertujuan sebagai dasar awalan sebuah 3D Model yang akan dilakukan proses pemodelan atau pembentukan menjadi bentuk sesuai dengan sketsa.

3. *Front View Trancing*

Tracing dari sisi depan adalah proses modeling dengan sudut pandang depan orthographic, hal ini bertujuan untuk membentuk sisi depan dari karakter. *Side View Trancing*

Tracing dari sisi samping adalah proses modeling dengan sudut pandang samping orthographic, hal ini bertujuan untuk membentuk sisi samping dari karakter, karena jika hanya menggunakan *front tracing* saja, bentuk model akan terlihat seperti 2D. agar bentuk model lebih baik, proses pemodelan dilanjutkan dengan proses *side view Tracing*.

4. *Finalize Modelling*

Setelah melalui proses *tracing* dari sisi depan dan samping, selanjutnya *Finalize Modelling* yang dimana proses ini adalah *Smoothing* dan penambahan detail yang ada di karakter, misalnya penambahan alis, gigi, dll.

5. *Insert Humanoid Rig*

Proses selanjutnya setelah proses *modelling* selesai adalah proses *rigging*, *Rigging* adalah susunan konstruksi tulang terbuat dari beberapa potongan tulang yang saling berhubungan pada item 3D. *bone* adalah artikel yang membingkai keaktifan "*Body*" dalam bentuk 3D sehingga pengembangan aktivitas tidak sulit untuk dikoordinasikan. "*Body*" di sini secara umum tidak berarti keadaan kumpulan orang, makhluk, dan makhluk hidup lainnya, tetapi juga dapat digunakan untuk membentuk benda mati seperti gerakan 3D untuk robot, lampu meja, traktor, dan semua barang yang mekanisnya pekerjaan tampak seperti dibuat oleh tulang-tulang hidup. Dalam review kali ini, kreator menggunakan body dengan bentuk manusia,

sehingga *gear cycle* memang memiliki konstruksi seperti manusia secara keseluruhan.

6. *Body Animation*

Pada tahap ini, seluruh proses aktivitas dilakukan dengan memanfaatkan teknik postur untuk mempresentasikan, mulai dari menentukan keyframe, diikuti dengan keterlaluhan, dan disempurnakan kembali di tengah-tengah. Siklus keaktifan juga melibatkan rekaman referensi yang menunjukkan perkembangan dalam desain kecepatan garis video standar, yaitu 30fps, untuk ditenagai untuk bekerja pada cara paling umum memberikan postur untuk menampilkan karakter.

7. *Facial Animation*

Berbeda dengan proses *Body animating*, proses pembuatan *face animation* menggunakan metode *Shape keys* dan *bone driver*. *Shape keys* adalah metode aktivitas yang digunakan untuk memindahkan penampang tanpa menggunakan *bone* sebagai alat bantu gerak. Teknik ini biasa digunakan untuk memberikan unsur realistis pada hasil animasi. Pergerakan mesh pada *Shape keys* bisa berupa pergerakan *vertex*, *edge*, maupun *face*. Pada implementasinya, *Shape keys* pada penelitian ini dikombinasikan dengan *bone driver*, sehingga pada proses animasi tetap menggunakan *bone* sebagai alat penggerak utama dan juga menggunakan *Shape keys* sebagai penambah unsur realistis pada mesh yang di gerakan.

3.3.3 Desain skenario

Aplikasi ini adalah aplikasi bertujuan untuk mengembangkan SVC (*Smart Virtual Camera*) untuk mendukung produksi animasi berbasis permainan 3D. aplikasi ini berawal dengan halaman Main menu yang memiliki tiga pilihan opsi,

yaitu adalah mulai, tentang, dan keluar, masing masing opsi memiliki opsi tersendiri. setelah memilih opsi mulai, *Player* dapat memilih dua peta yaitu *Hospital* dan *Garden*. setelah pemilihan peta, *Player* akan langsung masuk kedalam peta yang di pilih dan *Player* dapat melakukan eksplorasi ke seluruh map untuk mencoba kontrol kamera otomatis. Untuk visualisasi desain scenario aplikasi ini sebagai berikut.

1. Main Menu

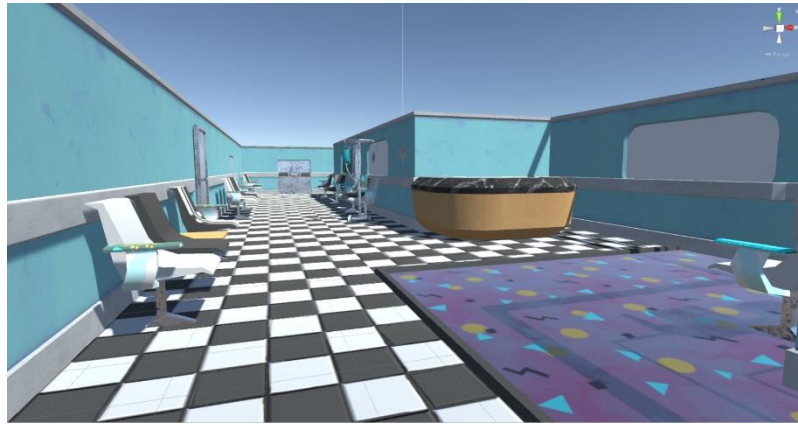
Halaman tersebut merupakan halaman awal disaat game baru saja dibuka. Terdapat tiga button yang dapat di interaksi, diantaranya ada button mulai, button tentang, dan button keluar. Untuk fungsi dari button tersebut adalah sebagai berikut.

- A. *Button* Mulai untuk memulai *game*, setelah button ini ditekan halaman akan berpindah pada halaman *Map Selection* yang akan diberikan dua pilihan *Map* yang akan di mainkan.
- B. *Button* Tentang untuk membuka panel tentang game.
- C. *Button* Keluar untuk keluar dari aplikasi.

2. *Stage Selection*

Saat menekan button mulai pada main menu *UI*, akan terlihat pilihan dua lokasi yang dapat dimainkan oleh *Player* , yaitu lokasi *Hospital* dan *Garden*.

3. *Hospital Scene*



Gambar 3. 4 *Map Hospital*

Gambar 3.4 di atas merupakan peta *Hospital*, dimana *Player* dapat melakukan eksplorasi ke seluruh bagian *map*.

4. *Garden Scene*



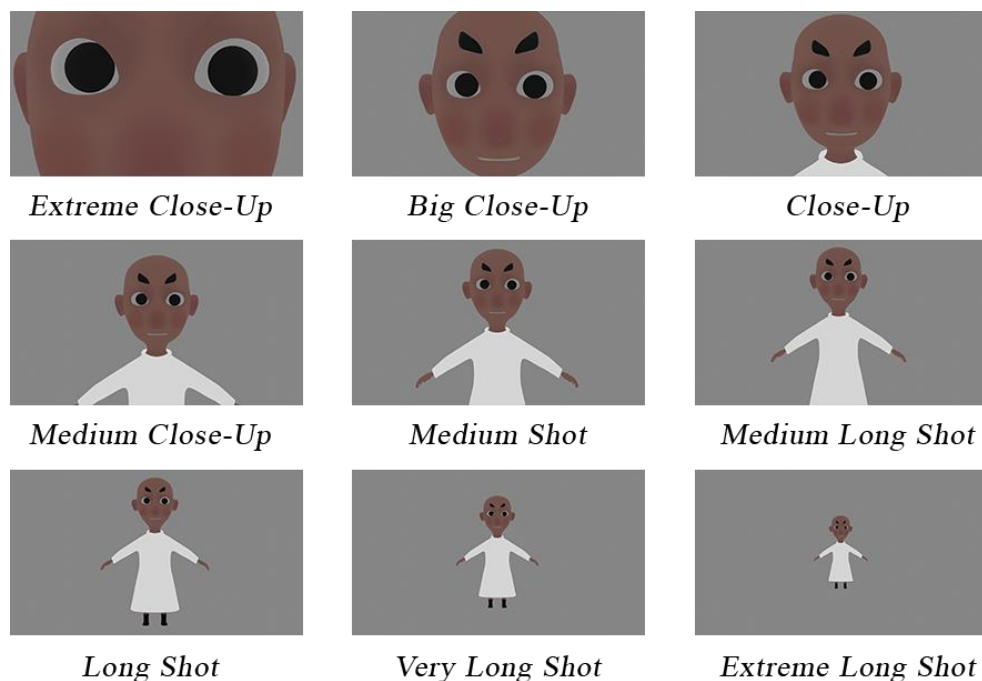
Gambar 3. 5 *Map Garden*

Gambar 3.5 di atas merupakan peta *Garden*, dimana *Player* dapat melakukan eksplorasi ke seluruh bagian *map*.

3.3 Research Camera Transform Position

Riset kamera transform posisi berfungsi untuk pencarian posisi kamera yang sesuai dengan kaidah sinematografi. Riset ini dilakukan dengan memasukan objek karakter kedalam terain dan akan dilakukan beberapa pengambilan sampel sudut pandang kamera berdasarkan posisi karakter. Proses ini akan terus di ulang hingga seluruh kondisi posisi karakter telah terpenuhi.

Value yang didapatkan pada riset paket penempatan kamera (PPK) akan menentukan ukuran tampilan karakter dalam frame dan sudut tampilanya. Setiap paket berisikan data nilai koordinat dan rotasi untuk penempatan kamera dalam menghasilkan jenis shot. Jarak dan sudut kamera terhadap target menentukan shot yang terdiri atas 9 jenis, yaitu ; *Extreme Close-Up/ECU*, *Big Close-Up/BCU*, *Close-Up/CU*, *Medium Close-Up/MCU*, *Mediup Shot/MS*, *Medium Long-Shot/MLS*, *Long Shot/LS*, *Very Long-Shot/VLS*, dan *Extreme Long-Shot/ELS*. Ketinggian dan sudut kamera virtual menentukan sudut kamera terhadap subjek terdiri atas 3 jenis, yaitu : *Eye-level*, *High Angle*, dan *Low Angle*.



Gambar 3. 6 Sudut Pandang dalam Kamera *Shot*

Kombinasi dari properti jenis tangkapan kamera, jenis sudut kamera, dan jenis sisi target digunakan untuk mengklarifikasi dan membentuk paket penempatan kamera. Setiap paket berisikan parameter shot yang berupa nilai X, Y, dan Z untuk kordinat posisi dan rotasi kamera virtual, dan berfungsi untuk menentukan posisi dan rotasi kamera viirtual. Parameter shot dalam setiap paket ditentukan dengan menyimulasikan deskripsi setiap shot dalam program. Parameter nilai koordinat dan sumbu X, Y, dan Z kamera virtual untuk setiap *PPK* digunakan sebagai basis pengetahuan penempatan kamera virtual. Pergerakan kamera menentukan jenis pergerakan kamera yang digunakan dalam model ini adalah *still*, *follow*, *pan*, *tilt*, *crab*, *level*, dan *dolly*. Terdapat 12 jenis pergerakan kamera yang diformulasikan sebagai berikut : *still camera*, *follow camera*, *pan right*, *pan left*, *tilt up*, *tilt down*, *crab right*, *crab left*, *level up*, *level down*, *dolly in*, dan *dolly out*.

3.4.1 Camera Placement Based On Selected Map

Peta atau lingkungan merupakan latar belakang yang digunakan dalam *scene*. Dalam sinematografi, lingkungan dikategorikan kedalam interior dan eksterior. Lingkungan interior menampilkan latar belakang di dalam ruangan, dan lingkungan eksterior menampilkan latar belakang di luar ruangan. Pengetahuan lingkungan, dengan *SM* melambangkan *Selected Map* didapatkan dengan menggunakan persamaan $SM = \{0,1,2\}$.

3.4.2 Camera Placement Based On Number Of Character

Jumlah karakter ditentukan berdasarkan jumlah karakter yang ada di dalam peta, baik karakter utama maupun karakter pembantu, yang beraksi secara dominan dalam satu fram. Dengan *JK* melambangkan jumlah karakter yang beraksi secara dominan dalam satu frame, maka komponen jumlah karakter dapat didapatkan dengan menggunakan persamaan $JK = \{0, 1, 2\}$.

3.4.3 Camera Placement Based On Action

Aksi mewakili pergerakan karakter atau *scene* yang dilakukan dalam shot. Aksi dibedakan kedalam kategori kosong, Pergerakan, Tanpa Pergerakan, dan dialog. Aksi dikategorikan sebagai kosong jika shot tidak menampilkan karakter didalamnya ($JK = 0$). Jenis Pergerakan untuk aksi yang membuat karakter berpindah posisi, seperti berjalan, berlari, atau melompat. Jenis Tanpa Pergerakan adalah untuk aksi yang tidak membuat karakter berpindah posisi, seperti berdiri, duduk, atau yang lainnya. Penentuan jenis aksi di atur lebih lanjut untuk menghindari kemacetan dalam pengambilan keputusan kontrol kamera pada shot yang menampilkan dua karakter atau lebih. Jika dalam satu shot terdapat dua karakter

atau lebih, dan salah satu karakter melakukan aksi pergerakan maka komponen aksi dalam shot tersebut dinyatakan sebagai aksi pergerakan. Jika dalam satu shot terdapat dua karakter atau lebih, dan mereka tidak melakukan suatu pergerakan maka komponen aksi dalam shot tersebut dinyatakan sebagai aksi tanpa pergerakan. Jika dalam satu shot terdapat dua karakter atau lebih dan salah satu karakter melakukan aksi pergerakan, maka komponen aksi dalam shot tersebut ditentukan sebagai aksi pergerakan. Dengan AK melambangkan aksi, didapatkan dengan menggunakan persamaan $AK = \{0, 1, 2\}$.

3.4.4 Camera Placement based On Character Location

Lokasi karakter dalam peta juga mempengaruhi pengambilan shot dalam *scene*, hal ini bertujuan agar pengambilan shot tidak bertabrakan dengan *environment* yang ada. Pengetahuan lokasi karakter dengan *LK* didapatkan dengan menggunakan persamaan $LK = \{0, 1, 2, \dots, N\}$.

3.4.5 Identifikasi Penempatan Kamera

Identifikasi penempatan kamera virtual dilakukan menggunakan paket penempatan kamera virtual. Jumlah karakter (*JK*), aksi (*AK*), *selected map* (*SM*), dan Lokasi Karakter (*LK*) yang terpilih digunakan menjadi dasar untuk menentukan Paket penempatan kamera. Paket penempatan kamera virtual merupakan basis pengetahuan penempatan posisi dan rotasi (Koordinat dan sumbu X, Y, dan Z) kamera virtual terhadap karakter, dan di klarifikasikan berdasarkan sudut pandang. Sebagai contoh, paket penempatan kamera virtual P1 merupakan kontrol kamera virtual untuk menghasilkan tampilan tampilan *extreme close-up*, dan tampak depan (front). Dengan PP melambangkan paket penempatan kamera virtual didapatkan

dengan menggunakan persamaan $PP = \{P1, P2, \dots, PN\}$ dan persamaan $PP = \{P \mid P \in PP\}$.

Identifikasi pergerakan kamera virtual dilakukan menggunakan paket pergerakan kamera virtual (PG). paket pergerakan kamera virtual merupakan basis pengetahuan pergerakan kamera virtual terhadap karakter, dan diklasifikasikan berdasarkan jenis pergerakan kamera, didapatkan dengan menggunakan persamaan $PG = \{G1, G2, \dots, GN\}$ dan persamaan $PG = \{G \mid G \in PG\}$.

3.4 Make Database Transform Position

Pada proses riset kamera transform posisi telah didapatkan value posisi camera berdasarkan kondisi karakter dan *environment*, value tersebut akan dimasukan kedalam database yang berfungsi sebagai penampungan data transform yang akan di akses ketika kondisi dalam program terpenuhi.

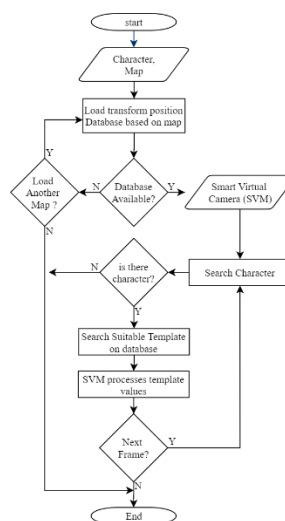
Komponen Jumlah Karakter (JK), Aksi (AK), Selected Map (SM), Paket Penempatan Kamera (PPK), dan Paket Pergerakan (PG) dalam setiap template Shot (TS) diidentifikasi untuk dijadikan basis data kontrol kamera virtual. Proses identifikasi dilakukan secara manual, yaitu dengan mengukur dan mencatat data setiap komponen dalam *shot*. Tabel 3.1 memperlihatkan sebagian basis data kontrol kamera virtual yang merupakan hasil riset pengambilan *shot* untuk penelitian ini.

Tabel 3. 1 Basis Data Template Virtual Kamera

TS	JK	AK	SM	LK	PPK	PG
1	0	0	0	0	-	-
2	2	2	1	2	P1	G2
3	2	2	1	3	P2	G6
4	2	2	1	4	P3	G7
5	2	2	1	5	P4	G2
6	1	2	1	1	P5	G3
7	1	2	1	2	P6	G4
8	1	2	1	3	P7	G8
9	1	2	1	4	P8	G6
10	1	2	1	5	P9	G1
11	2	1	1	1	P10	G10
12	2	1	1	2	P11	G12
13	2	1	1	3	P12	G4
...
121	2	2	2	5	P120	G2

3.5 Smart Virtual Camera (SVC)

Setelah *Asset* selesai dibuat dan database transform posisi telah juga selesai, proses selanjutnya adalah pemrograman *object* camera unity agar dapat mengeksekusi data yang sudah ditampung pada database dan sesuai dengan value yang tersimpan. berikut adalah proses *Smart Virtual Camera* bekerja :

Gambar 3. 7 Proses *Smart Virtual Camera*

3.6 *Constraint Optimization*

Constraint optimization dibentuk untuk menentukan shot yang ideal. Terdapat dua aturan aturan yang digunakan sebagai constraint untuk mengambil keputusan dalam menghasilkan *shot* pada kontrol kamera virtual otomatis, yaitu penempatan kamera virtual untuk menentukan jenis *shot*, dan penentuan pergerakan kamera untuk menentukan pergerakan kamera virtual terhadap karakter dalam tangkapan gambar.

3.7.1 **Aturan *Constraint* Penempatan Kamera Virtual**

Aturan penempatan kamera ditujukan untuk menentukan shot berdasarkan jenis shot dan jenis sudut kamera dalam aturan sinematografi dengan menentukan posisi dan rotasi kamera virtual terhadap karakter. Target yang dicapai adalah paket penempatan kamera virtual (*PPK*) digunakan untuk memilih jenis shot dan jenis sudut kamera yang ideal. Penentuan penempatan kamera dilakukan dengan mengklasifikasikan komponen shot berdasarkan kombinasi nilai parameter pada jumlah karakter (JK), Aksi (AK), peta (SM), dan Lokasi Karakter (LK).

Penentuan penempatan kamera dilakukan dengan asumsi keberadaan karakter merupakan penentu jenis shot dan jenis sudut kamera. Jika parameter JK bernilai 0 atau tidak ada karakter di dalam peta maka tidak akan ada parameter AK, oleh karena itu terdapat kelas yang tidak digunakan berdasarkan aturan yang ditentukan, yaitu *IF JK = 0, THEN AK = 0, LK = 0*. jika terdapat karakter dalam shot maka juka akan terdapat aksi dan lokasi dalam shot tersebut. berikut merupakan basis pengetahuan penempatan kamera.

Tabel 3. 2 Basis Pengetahuan Penempatan Kamera (PPK)

JK	AK	SM	LK	PP
0	0	0	0	-
2	2	1	2	P1
2	2	1	3	P2
2	2	1	4	P3
2	2	1	5	P4
1	2	1	1	P5
1	2	1	2	P6
1	2	1	3	P7
1	2	1	4	P8
1	2	1	5	P9
2	1	1	1	P10
2	1	1	2	P11
2	1	1	3	P12
...
2	2	2	5	P120

Basis pengetahuan penempatan kamera (*PPK*) ditransformaasikan menjadi aturan penempatan kamera dalam pembangkitan kontrol kamera virtual otomatis.

Berikut adalah contoh pembentukan aturan penempatan kamera (*PPK*)

IF JK = 0 AND AK = 0 AND SM = 0 AND LK = 0

THEN PP = -

IF JK = 2 AND AK = 2 AND SM = 1 AND LK = 2

THEN PP = P1

IF JK = 1 AND AK = 2 AND SM = 1 AND LK = 4

THEN PP = P8

3.7.2 Aturan *Constraint* Pergerakan kamera Virtual

Aturan pergerakan kamera ditujukan untuk menentukan jenis pergerakan kamera yang ideal dengan menentukan pergerakan kamera virtual terhadap karakter. Target yang dicapai adalah paket pergerakan kamera virtual (PG) digunakan untuk menghasilkan pergerakan kamera virtual yang ideal dalam shot. Logika pemilihan PG adalah, “ pergerakan : kamera virtual yang ideal ditentukan oleh cara menampilkan aktor dan aksinya ”. penentuan PG dilakukan untuk mengklarifikasi komponen shot berdasarkan kombinasi nilai parameter pada jumlah Karakter (JK), Aksi (AK), dan lokasi karakter (LK).

Penentuan pergerakan kamera dilakukan dengan asumsi keberadaan karakter merupakan penentu jenis shot dan jenis sudut kamera. Jika parameter *JK* bernilai 0 atau tidak ada karakter di dalam peta maka tidak akan ada parameter AK, oleh karena itu terdapat kelas yang tidak digunakan berdasarkan aturan yang ditentukan, yaitu *IF JK = 0, THEN AK = 0, LK = 0* . jika terdapat karakter dalam shot maka juka akan terdapat aksi dan lokasi dalam shot tersebut. berikut merupakan basis pengetahuan pergerakan kamera.

Tabel 3. 3 Basis Pengetahuan Pergerakan Kamera

JK	AK	SM	LK	PG
0	0	0	0	-
2	2	1	2	G2
2	2	1	3	G6
2	2	1	4	G7
2	2	1	5	G2
1	2	1	1	G3
1	2	1	2	G4
1	2	1	3	G8
1	2	1	4	G6
1	2	1	5	G1
2	1	1	1	G10
2	1	1	2	G12
2	1	1	3	G4
...
2	2	2	5	G2

IF JK = 0 AND AK = 0 AND SM = 0 AND LK = 0

THEN PG = -

IF JK = 2 AND AK = 2 AND SM = 1 AND LK = 2

THEN PG = G2

IF JK = 1 AND AK = 2 AND SM = 1 AND LK = 4

THEN PG = G6

3.7 Pembentukan Aturan Kontrol Kamera Virtual

Aturan kontrol kamera virtual dibentuk untuk menentukan shot yang ideal berdasarkan basis pengetahuan yang sudah setting sebelumnya. Terdapat dua aturan aturan yang digunakan sebagai constraint untuk mengambil keputusan dalam menghasilkan shot pada kontrol kamera virtual otomatis, yaitu penempatan kamera virtual untuk menentukan jenis shot, dan penentuan pergerakan kamera untuk

menentukan pergerakan kamera virtual terhadap karakter dalam tangkapan gambar.

Sebagai contoh adalah sebagai berikut.

Ketika value yang di dapatkan adalah :

IF JK = 2 AND AK = 2 AND SM = 1 AND LK = 2

Maka program akan mencari template yang sesuai berdasarkan data value yang di dapatkan pada aplikasi, dan didapatkan nilai yang sesuai pada database yaitu adalah sebagai berikut.

THEN PG = G2 AND PP = P1

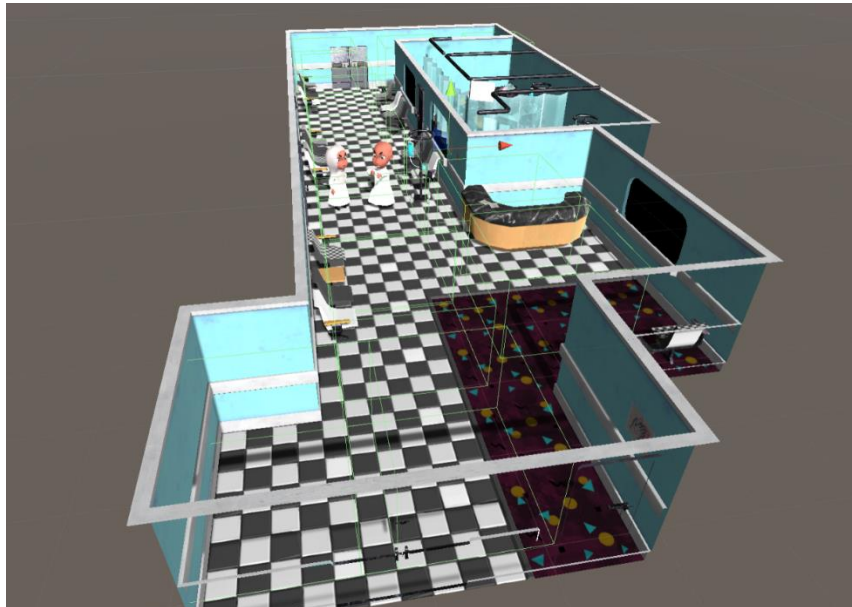
Dengan ditemukanya template tersebut, maka kamera akan mengaktifkan kamera dengan Penempatan posisi pada zona P1 dan juga pergerakan kamera sesuai dengan template G2.

3.8 Implementasi *Constraint* pada Peta sebagai fungsi *Search Object*

Pada tahapan ini, setelah proses pemrograman *object* camera unity pada Gambar 3.8 dilakukan hingga data pada database sesuai dengan value yang tersimpan, selanjutnya dilakukan pencarian beberapa komponen berdasarkan aturan penempatan kamera virtual.

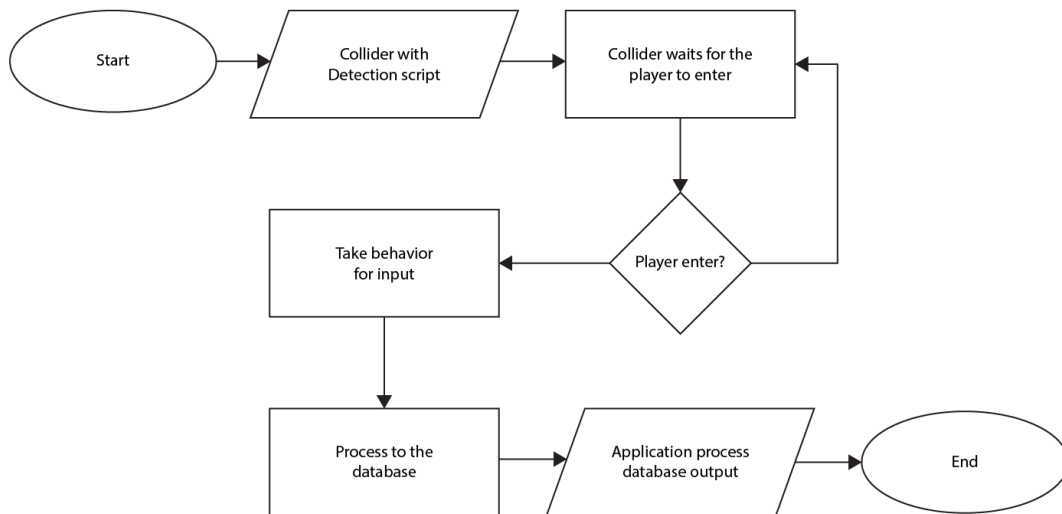
Setelah pembentukan aturan control kamera selesai, aplikasi akan dapat membaca koordinat lokasi karakter, peta yang dipilih, aksi yang sedang dilakukan karakter, dan jumlah karakter, hasil dari *Search Object* ini berfungsi sebagai inputan yang akan secara otomatis dicocokkan dengan parameter yang ada di dalam database, data yang di dapatkan pada database akan dilakukan constraint pada kamera di dalam program Unity agar kamera yang sesuai dapat di aktifkan dan

kamera yang tidak diperlukan di non aktifkan. Pada gambar dibawah ini adalah beberapa *scene* yang akan menjadi input untuk penempatan kamera.



Gambar 3. 8 Penataan *Collider*

Pada Gambar 3.8 di atas terlihat garis hijau yang membentuk beberapa bangun persegi panjang yang merupakan *collider* yang sudah diberi script deteksi *Player*. Fungsi dari *collider* tersebut adalah sebagai sensor behaviour *Player* yang merupakan input dari proses pencarian template penempatan kamera pada basis pengetahuan. lokasi karakter dapat terbaca dengan masuknya *object* kedalam *collider*. Untuk logika deteksi *Player* Ketika memasuki zona deteksi *collider* adalah sebagai berikut.



Gambar 3. 9 Flow Chart Logika Aplikasi Mendapatkan *input* dari deteksi *Collider*

Logika deteksi *behaviour Player* di mulai dengan di buatnya tataan *Collider* yang telah di beri script *detection* seperti pada gambar 3.9. setelah itu *collider* akan menunggu *Player* masuk kedalam zona *collider* tersebut, jika *Player* masuk kedalam, *collider* akan mendeteksi *behaviour Player* berupa lokasi, pergerakan, dan aksi *Player*. Ini merupakan *input* awal yang akan di proses oleh system untuk mencari template penempatan dan pergerakan kamera yang sesuai dengan *behaviour* yang dikirim oleh *collider*. Untuk hasil *output* dari *input collider* pada peta *Hospital* adalah sebagai berikut.



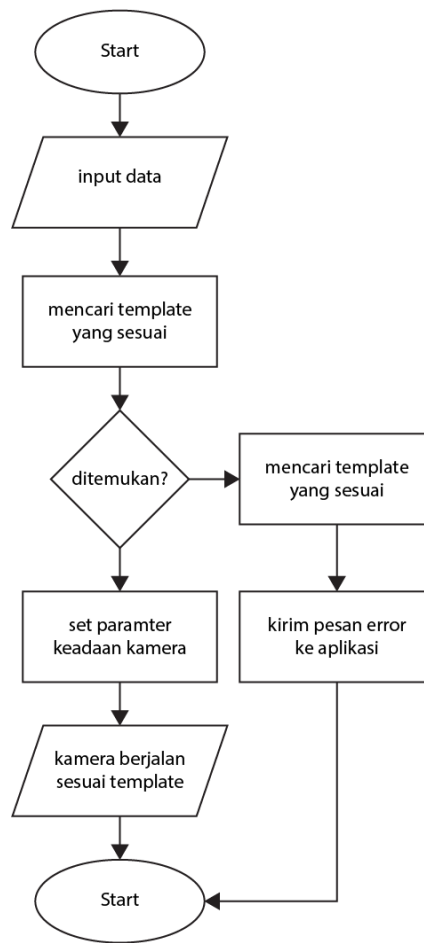
Gambar 3. 10 *Scene* yang akan menjadi *input* penempatan kamera

Pada gambar di atas terlihat beberapa perbedaan diantaranya perbedaan jumlah karakter, perbedaan lokasi, dan perbedaan aksi yang dilakukan. Setiap pergerakan dan aksi di dalam *scene* akan selalu dibaca oleh sistem, untuk membaca lokasi *object* pada *map* sudah diberi game *object* dengan component *Collider* untuk gambar penataan *collider*.

3.10 *Searching for Suitable Template*

Proses *Searching for Suitable Template* merupakan proses pencocokan antara dua *template* yang telah didapatkan sebelumnya. Yakni *template* data yang didapatkan pada proses *Research Camera Transform Position* dan *template* data hasil proses *Search Object*. Dimana pada proses *Research Camera Transform Position* data yang didapatkan adalah posisi kamera yang sesuai dengan kaidah sinematografi.

Setelah inputan didapatkan, proses akan di teruskan pada pencarian *template* yang sudah di siapkan didalam *database*. Untuk logika pencarian *template* dapat dilihat pada *flowchart* dibawah ini.



Gambar 3. 11 *Flowchart Logika Pencarian Template*

3.11 *Merging Template with Object Transform*

Proses *Merging Template with Object Transform* akan dilakukan apabila proses pencocokan *template* telah selesai dilakukan. Jika pada proses pencocokan *template* yang telah dilakukan sebelumnya dan ditemukan *template* yang sesuai, maka akan dilakukan proses pembentukan kontrol kamera virtual.

Setelah data yang dibutuhkan ada di dalam *database*, parameter *transform* kamera akan dirubah sesuai dengan data yang ada di dalam *database*.

3.12 Automatic Cinematic Camera View

Proses *Automatic Cinematic Camera View* merupakan proses final pada desain system dengan Kontrol kamera virtual otomatis menggunakan metode pendekatan *constraint optimization*. Proses pengambilan gambar dengan teknik ini tidak hanya dijalankan satu kali, melainkan akan terus dilakukan proses *research object* untuk dapat mengupdate pergerakan kamera secara otomatis jika *object* melakukan pergerakan.

3.13 Skenario Pengujian

Dalam proses pengujian terhadap Pembuatan film animasi biologi dengan Kontrol kamera virtual otomatis menggunakan metode pendekatan *constraint optimization*, akan dilakukan pengujian Keefektifitasan pembuatan film jika menggunakan metode ini, dan juga akan dilakukan pengujian keefektifitasan pengajaran biologi menggunakan film animasi.

3.13.1 Pengujian fungsional Pergerakan kamera.

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah SVC (*Smart Virtual Camera*) berjalan sesuai dengan skenario yang telah ditetapkan sebelumnya atau tidak. Pengujian fungsionalitas akan dilakukan dengan menggunakan beberapa pengujian berdasarkan objek yang mempengaruhi transform posisi kamera, diantaranya adalah sebagai berikut.

1. Pengujian Fungsionalitas berdasarkan peta yang dipilih

Pengujian Fungsionalitas berdasarkan peta pada program ini dilakukan sesuai dengan peta yang dipilih pada proses pengujian. Terdapat dua jenis peta yang dapat di pilih pada program ini, yaitu peta di dalam ruangan (ruangan rumah

sakit), dan peta di luar ruangan (halaman rumah sakit). Setiap peta memiliki template yang berbeda, hal ini mempengaruhi hasil pergerakan, rotasi, dan perpindahan kamera. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah aturan constraint berdasarkan peta berjalan dengan sesuai dengan template atau tidak.

2. Pengujian Fungsionalitas berdasarkan jumlah karakter

Pengujian Fungsionalitas berdasarkan jumlah karakter pada program ini dilakukan sesuai dengan jumlah karakter yang dipilih pada proses pengujian. Terdapat dua karakter yang dapat dipilih salah satu dan juga dapat dipilih keduanya. Jumlah dari karakter yang ada di dalam scene mempengaruhi hasil pergerakan, rotasi, dan perpindahan kamera. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah aturan constraint berdasarkan Jumlah Karakter berjalan dengan sesuai dengan template atau tidak.

3. Pengujian Fungsionalitas berdasarkan *Action*

Pengujian fungsionalitas berdasarkan *action* pada program ini dilakukan sesuai dengan tipe action yang sedang dilakukan oleh karakter. Ada beberapa tipe action pada program ini, yaitu ada diam, berbicara, berjalan, berjalan dan berbicara. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah aturan constraint berdasarkan *action* berjalan dengan sesuai dengan *template* atau tidak.

4. Pengujian Fungsionalitas berdasarkan Lokasi karakter

Pengujian fungsionalitas berdasarkan lokasi karakter dilakukan sesuai dengan *transform* lokasi dari karakter. Ada beberapa template lokasi yang setiap variabelnya ditentukan dengan beberapa *boxcollider*. Tujuan dari pengujian ini

adalah untuk mengetahui apakah aturan constraint berdasarkan transform lokasi berjalan dengan sesuai dengan template atau tidak.

5. Apakah kamera berjalan sesuai dengan aturan constraint yang telah di tentukan sebelumnya.

Setelah beberapa pengujian berdasarkan beberapa variabel sudah dilakukan, akan dilakukan pengujian fungsionalitas untuk kombinasi beberapa variabel diantaranya peta, jumlah karakter, *action*, lokasi. Tujuan dilakukan pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah setiap variabel gabungan dapat berjalan sesuai dengan aturan *constraint*.

3.13.2 Pengujian Keefektifitasan Metode *Constraint Optimization* Dibandingkan Metode lainnya.

Keefektifitasan kinerja *Smart Virtual Camera* dibandingkan dengan metode lain dalam pengambilan *shot* dapat di lihat dari proses pengambilan gambar. dalam penelitian ini akan dibandingkan tiga metode pengambilan shot, yaitu diantaranya sebagai berikut:

1. Metode Manual/Tradisional merupakan metode penempatan kamera tanpa menggunakan Batasan ataupun aturan logika penempatan kamera, metode ini cenderung hanya menggunakan sedikit kamera atau terkadang hanya menggunakan satu kamera
2. Metode *Constraint* merupakan metode penempatan kamera dengan aturan dan Batasan yang ada di dalam table pengetahuan, hal ini berfungsi sebagai kontrol kamera otomatis saat kondisi behaviour *Player* sesuai dengan data yang berada dalam basis pengetahuan

3. Metode *Constraint Optimization* merupakan pengembangan dari metode *Constraint* tanpa optimisasi, pada metode ini memungkinkan kamera dapat mendeteksi jarak kamera terhadap karakter dan *object* yang menghalangi kamera untuk mengambil gambar karakter

Keefektifitasan kinerja Smart Virtual Camera dibandingkan dengan metode lain dalam pengambilan shot dapat di lihat dari proses pengambilan gambar. Sebagai yang telah di jelaskan pada bab 3, penulis telah melakukan percobaan menggunakan tiga metode tersebut dan sebagai hasilnya sebagai berikut.

1. Penempatan kamera

Perbedaan pertama pada setiap metode ini adalah penempatan kamera. Pada metode Manual atau tradisional, kamera di pasang menjadi *child* suatu *Gameobject*, pada percobaan yang dilakukan oleh penulis, kamera dijadikan child dari karakter, yang membuat kamera menjadi *fixed prespective*. Sebagai contoh gambar dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3. 12 Posisi kamera dan Field of View terhadap *Player*

Untuk metode *Constraint* dan *Constraint Optimization* dalam Pergerakan kamera tidak ada perbedaan sama sekali, karena dasar dari Pergerakan kamera

adalah dari metode *Constraint*, sedangkan kedua metode tersebut sama-sama menggunakan metode *Constraint*, yang menyebabkan penempatan kamera yang dilakukan tidak memiliki perbedaan.

2. Pergerakan Kamera

Perbedaan kedua adalah dari pergerakan karakter, pada metode manual atau tradisional pergerakan kamera adalah *fixed*, dan hanya dapat memiliki satu macam pergerakan yang di atur sebelumnya, pada penelitian yang di lakukan penulis, metode ini hanya bisa mengambil *shot Third Person Shooter*.

Untuk metode *Constraint* dan *Constraint Optimization* dalam Pergerakan kamera tidak ada perbedaan sama sekali, karena dasar dari Pergerakan kamera adalah dari metode *Constraint*, sedangkan kedua metode tersebut sama-sama menggunakan metode *Constraint*, yang menyebabkan penempatan kamera yang dilakukan tidak memiliki perbedaan.

3. Jarak Kamera Dengan Karakter

Perbedaan ketiga adalah perbedan jarak antara kamera dan karakter, pada metode manual atau tradisional, kamera bersifat *fixed perspective*, yang berarti kamera ini juga bersifat *fixed* pada jarak antara kamera dan karakter dalam kondisi apapun.

Untuk metode *Constraint* dan *Constraint Optimization* dalam Pengujian jarak antara kamera dan *Player* terdapat perbedaan, yaitu pada bagian *optimization*. Pada metode *Constraint* tanpa optimasi hanya akan melakukan perpindahan kamera jika *Player* terdeteksi memasuki sebuah *detector*, namun kekurangan dari metode

ini adalah terdapat beberapa *shot* kamera memiliki jarak pandang yang terlalu jauh sehingga interaksi karakter kepada pemain tidak terlihat jelas.

Sedangkan pada metode *Constraint Optimization* jarak kamera pada karakter sudah di optimasi menggunakan Batasan minimal jarak dan juga Batasan maksimal jarak yang dibutuhkan, jika jarak melebihi batas maksimal, atau kurang dari batas minimal, sedangkan karakter belum memasuki detector lainnya, maka kamera akan secara otomatis melakukan pencarian kamera yang paling ideal untuk kondisi karakter saat ini.

Perbedaan terakhir diantara ketiga metode ini adalah perpindahan dan *collider detection*. Pada metode tradisional dikarenakan bersifat *fixed*, maka perpindahan kamera tidak dimungkinkan ada, hal ini juga berlaku untuk *Collider Detection*. Metode ini tidak memiliki handling Ketika jarak pandang kamera bertabrakan dengan *collider*, hal ini menyebabkan karakter akan tertutup dengan object yang ada di sekitar.

Untuk metode *Constraint* dan *Constraint Optimization* dalam Pengujian Perpindahan kamera dan *Collider Detection* terdapat perbedaan, yaitu pada bagian optimization. Pada metode *Constraint* tanpa optimasi hanya akan melakukan perpindahan kamera jika *Player* terdeteksi memasuki sebuah *detector*, namun kekurangan dari metode ini adalah terdapat beberapa shot kamera yang membuat karakter tidak terlihat karena tertutup suatu *object*.

Tabel 3. 4 Tabel Rekap Perbandingan metode

No	Percobaan	Tradisional	<i>Constraint</i>	<i>Constraint Optimization</i>
1	penempatan kamera	<i>fixed perspective</i> Hanya 1 kamera	<i>support multy Camera Location</i>	<i>support multy Camera Location</i>
2	pergerakan kamera	<i>Fixed</i> bergerak sesuai pergerakan karakter	bergerak sesuai basis pengetahuan	bergerak sesuai basis pengetahuan
3	jarak kamera terhadap karakter	<i>Fixed</i> tidak dapat di atur jarak setelah aplikasi di mulai	<i>Fixed</i> tidak dapat di atur jarak setelah aplikasi di mulai	Dapat berubah sesuai dengan batas maksimal dan minimal jarak kamera terhadap karakter
4	perpindahan kamera dan <i>collider detection</i>	<i>Fixed</i> tidak dapat mendeteksi <i>Collider</i> menyebabkan karakter tertutup object	<i>Fixed</i> tidak dapat mendeteksi <i>Collider</i> menyebabkan karakter tertutup object	dapat mendeteksi <i>Collider</i> dan melakukan pergantian kamera yang memiliki jarak pandang tidak tertutup object sama skali

Pengujian ini bertujuan untuk membuktikan apakah metode yang di gunakan pada penelitian ini lebih baik daripada dua metode sebelumnya, untuk hasil dari pengujian akan di bahas pada bab 4.

3.13.3 Pengujian Keefektifitasan Pembangkitan Kamera Virtual Otomatis

Efektifitas kinerja SVC diukur berdasarkan waktu pencarian waktu pencarian dalam menghasilkan shot. Waktu pencarian menentukan kemampuan system dalam membangkitkan control kamera virtual untuk shot selanjutnya dalam dalam waktu yang di batasi oleh durasi pada shot yang sedang dimainkan. Batas

waktu pembangkitan kontrol kamera virtual otomatis ditentukan dari data durasi pembangkitan shot dalam penelitian terkait. Nilai ini ditentukan dengan pertimbangan setiap perubahan kondisi mengharuskan system untuk mencari shot baru yang ideal. Pembangkitan shot baru memerlukan proses pembangkitan kontrol kamera virtual otomatis.

$$\text{Persentase efisiensi} = \frac{\text{Jumlah Shot Sesuai Waktu}}{\text{Jumlah Shot}} \times 100 \quad (9)$$

Jumlah shot sesuai waktu didapatkan dengan menghitung jumlah shot yang kurang atau sama dengan batas maksimal waktu pembangkitan. Efektifitas kinerja SVC diukur berdasarkan waktu pencarian waktu pencarian dalam menghasilkan *shot*. Waktu pencarian menentukan kemampuan *system* dalam membangkitkan *control* kamera virtual untuk shot selanjutnya dalam dalam waktu yang di batasi oleh durasi pada shot yang sedang dimainkan. Batas waktu pembangkitan kontrol kamera virtual otomatis ditentukan dari data durasi pembangkitan shot dalam penelitian terkait. Nilai ini ditentukan dengan pertimbangan setiap perubahan kondisi mengharuskan system untuk mencari shot baru yang ideal. Pembangkitan shot baru memerlukan proses pembangkitan kontrol kamera virtual otomatis. Minimal durasi shot dalam penelitian terkait adalah sebagai berikut.

Tabel 3. 5 Data keefektifitasan Penelitian Terkait

No	Penelitian	Aurthor	Tahun	Batas Waktu Pembangkitan	
				Min	Max
1	<i>Smart Virtual Camera</i> untuk Mendukung Produksi Film Animasi Berbasis Game	Ahmad Zainul Fanani	2018	0 milisecond	34,4 Milisecond
2	Efficient composition for virtual camera control	Lino C and Christie	2012	0 milisecond	65,3 Milisecond
3	Automatic Cinematography and Editing in Virtual <i>Environmens</i>	Galvane, Quentine.	2015	0 milisecond	46,8 Milisecond

SVC dinyatakan efektif dengan nilai ekspektasi yang ditentukan adalah minimal 80% *shot* dihasilkan dengan waktu pembangkitan kurang dari batas waktu maksimal yang ditentukan. Waktu maksimal yang di pakai pada penelitian ini berpacu pada penelitian terkait yang memiliki batas waktu tersingkat, yaitu 34,4 milisecond.

BAB IV

PENGUJIAN DAN EVALUASI

Pada bab ini akan dijelaskan terkait pengujian dan evaluasi terhadap rancangan sistem yang telah diimplementasikan sebelumnya. Pengujian dan Evaluasi ini dilakukan untuk membuktikan fungsionalitas dalam pembuatan film animasi menggunakan control kamera virtual otomatis dengan metode pendekatan *constraint optimization*.

4.1 Implementasi

Implementasi dilakukan untuk menerapkan langkah – langkah yang telah ditentukan sebelumnya. Pada implementasi kali ini akan di tampilkan setiap proses yang dijalankan pada program.

4.1.1 Implementasi *Asset Creation*

Implementasi *Asset Creation* merupakan hasil dari proses pembuatan asset yang telah dilakukan pada BAB 3. berikut merupakan pembahasan dari hasil implementasi *Asset Creation*

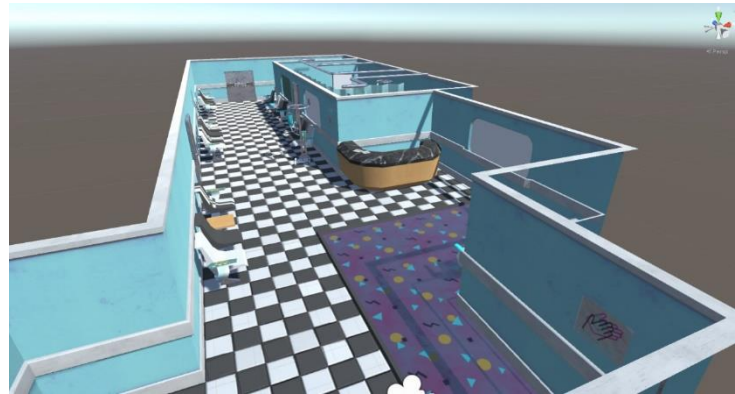
4.1.1.1 Implementasi *Map & Environment Creation*

Map dan environment merupakan merupakan *asset* yang berfungsi sebagai latar tempat pengambilan gambar, environment juga berfungsi sebagai penentu batas minimum dan maksimal template yang akan ditetapkan. Pada penelitian ini terdapat dua *Map* yang dapat di pilih, yaitu adalah sebagai berikut.

1. *Map Hospital*

Map pertama yang dapat di pilih pada aplikasi ini adalah *Map Hospital* karakteristik dari peta ini adalah bentuk persegi dan persegi Panjang, dan

enviromtent pada peta ini hanya terdapat di pinggir koridor peta. Berikut merupakan hasil dari pembuatan peta *Hospital*.

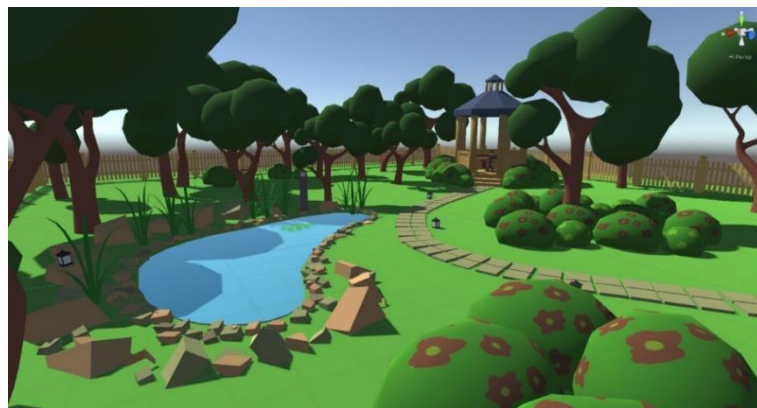


Gambar 4. 1 Peta *Hospital*

Impelementasi Skenario Game merupakan tampilan dari aplikasi yang telah di bangun menggunakan metode yang telah di bahas pada BAB 3. Berikut merupakan urutan skenario bagaimana game berjalan.

2. *Map Garden*

Map garden merupakan pilihan peta ke dua yang dapat dipilih pada aplikasi ini. Karakteristik peta ini adalah bentuk plane persegi dengan banyak pohon di tengah peta. selain pohon, juga terdapat gazebo dan kolam ikan yang dapat di eksplor selama game berjalan. Berikut adalah peta *Garden*.



Gambar 4. 2 Peta *Garden* Perspektif 1

4.1.1.2 Implementasi *Character Creation*

Asset Karakter merupakan merupakan asset yang berfungsi sebagai pemeran utama dalam aplikasi ini, karakter ini merupakan fokus dari pengambilan gambar yang dilakukan oleh smart virtual kamera, dan karakter ini dapat di gerakan oleh *Player* menuju tempat yang di inginkan. setiap perpindahan lokasi karakter akan menghasilkan posisi kamera yang berbeda.

4.1.2 Implementasi *Research Camera Position*

Riset kamera transform posisi berfungsi untuk pencarian posisi kamera yang sesuai dengan kaidah sinematografi. Hasil riset camera transform posisi setiap peta terdapat perbedaan, diantaranya perbedaan lokasi penempatan, rotasi kamera, pergerakan kamera maupun sifat kamera. Terdapat dua *setup template* yaitu *template* pada peta *Hospital* dan *template* pada peta *Garden*. Untuk penjelasan *template* akan dijelaskan sebagai berikut.

1. *Camera Position on Hospital Map*

Proses pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sistem kamera virtual otomatis dengan pendekatan *constrain optimization* berjalan sesuai fungsi atau tidak. Pada pengujian ini akan dilakukan pengetesan pada semua lokasi dan semua pose didalam *map Hospital*.

Di dalam *map Hospital* terdapat tujuh zona dengan pengambilan kamera yang berbeda, untuk pembagian zona peta dapat di lihat pada Gambar 4.3 di bawah ini.



Gambar 4. 3 Pembagian Zona Map Hospital

Seperti yang terlihat pada gambar di 4.3 zona tersebut berfungsi sebagai *detection* perilaku karakter, Ketika karakter masuk kedalam salah satu zona, *detector* akan melakukan pengambilan input berupa perilaku karakter dan akan mengirim data ke database untuk mendapatkan output yang sesuai.

2. Camera Position on Garden Map

Proses pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sistem kamera virtual otomatis dengan pendekatan *constrain optimization* berjalan sesuai fungsi atau tidak. Pada pengujian ini akan dilakukan pengetesan pada semua lokasi dan semua pose didalam *map Garden*.

Di dalam *map Garden* terdapat tujuh zona dengan pengambilan kamera yang berbeda, untuk pembagian zona peta dapat di lihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4. 4 Pembagian Zona Map Garden

Seperti yang terlihat pada gambar di atas, zona tersebut berfungsi sebagai *detection* perilaku karakter, Ketika karakter masuk kedalam salah satu zona, *detector* akan melakukan pengambilan input berupa perilaku karakter dan akan mengirim data ke database untuk mendapatkan output yang sesuai.

4.2 Pengujian Fungsionalitas

Proses pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah Sistem kamera virtual otomatis dengan pendekatan *constraint optimization* berjalan sesuai fungsi atau tidak. Pada pengujian ini digunakan 2 peta, 1 karakter, dan 8 pose untuk mengetahui apakah *system* berjalan dengan baik.

4.3.1 Pengujian Fungsionalitas pada Peta 1 (*Hospital*)

Untuk scenario pengujian yang akan di lakukan pada peta *Hospital* adalah sebagai berikut.

- a. Pengujian *Player* berjalan ke zona 1.

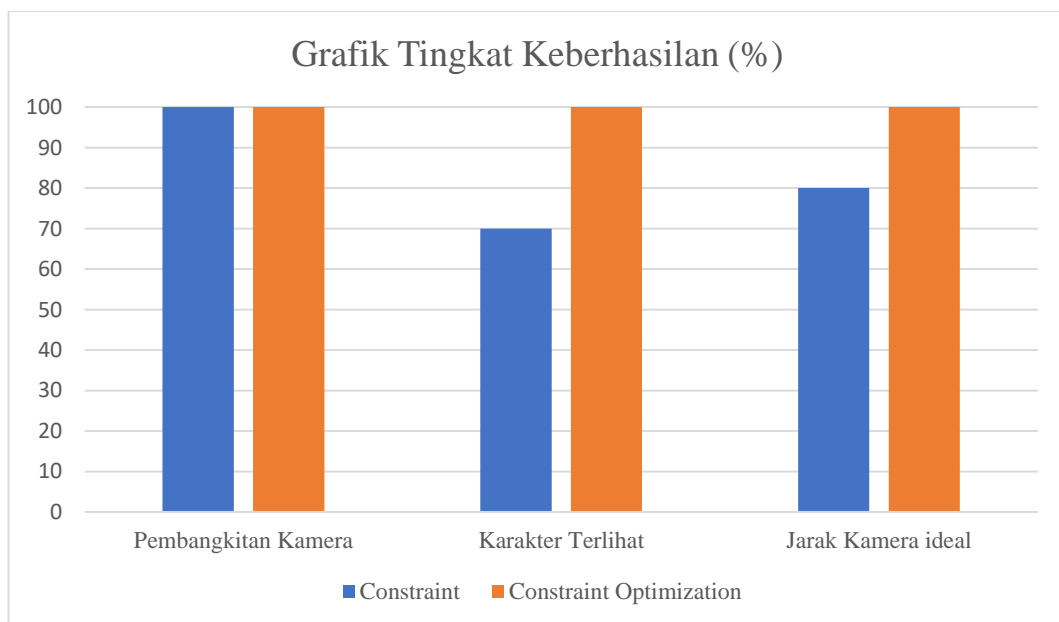
Scenario pengujian ini dilakukan dengan *Player* berjalan ke zona 1, dan akan dilihat apakah Ketika *Player* masuk ke zona 1, sistem akan otomatis mengaktifkan kamera zona 1 atau tidak.



Gambar 4. 5 Posisi zona 1 pada peta *hospital* dan *Field of view camera*

Icon kamera pada gambar 4.5 merupakan kamera yang akan aktif ketika karakter memasuki zona 1 dengan *collider* sebagai *Optimization* atau pembatas antara jarak ideal kamera dengan *Player*.

Kamera akan diuji berdasarkan tingkat keberhasilan jarak ideal mengikuti gerak karakter atau tidak. Pengujian dilakukan dengan melakukan 10 kali percobaan keluar masuk zona 1 untuk mengetahui apakah fungsi dari kamera otomatis sudah berjalan dengan baik. Berikut merupakan data hasil percobaan kamera virtual otomatis dengan pendekatan *Constraint Optimization*.



Gambar 4. 6 Grafik Tingkat keberhasilan Skenario *Player* berjalan ke zona 1

Seperti yang terlihat pada grafik di atas, presentase pembangkitan kamera menggunakan metode *constraint optimization* dan metode *constraint* menunjukkan nilai yang sama. Tetapi pengujian dari segi karakter terlihat dan jarak kamera ideal, penggunaan metode *constraint optimization* menunjukkan presentase yang lebih tinggi daripada metode *constraint*. Oleh Karena itu dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian menggunakan metode *constraint optimization* lebih baik dibandingkan menggunakan metode *constraint* pada zona 1.

Tabel 4. 1 Hasil Percobaan Skenario *Player* berjalan ke zona 1

Percobaan	Skenario	Hasil						
		Traditional	<i>Constraint</i>			<i>Constraint Optimization</i>		
			Pembangkitan Kamera Berhasil ?	Karakter Tertutup Objek Lain	Karakter Terlalu Jauh dengan Kamera	Pembangkitan Kamera Berhasil ?	Karakter Tertutup Objek Lain	Karakter Terlalu Jauh dengan Kamera
1	Pengujian <i>Player</i> berjalan ke zona 1.	tidak dapat dilakukan pengujian karena tidak mendukung multy camera	berhasil	tidak	tidak	berhasil	tidak	tidak
2			berhasil	tidak	iya	berhasil	tidak	tidak
3			berhasil	tidak	iya	berhasil	tidak	tidak
4			berhasil	iya	tidak	berhasil	tidak	tidak
5			berhasil	tidak	tidak	berhasil	tidak	tidak
6			berhasil	iya	tidak	berhasil	tidak	tidak
7			berhasil	tidak	tidak	berhasil	tidak	tidak
8			berhasil	tidak	tidak	berhasil	tidak	tidak
9			berhasil	tidak	tidak	berhasil	tidak	tidak
10			berhasil	iya	tidak	berhasil	tidak	tidak

b. Pengujian *Player* berjalan ke zona 2

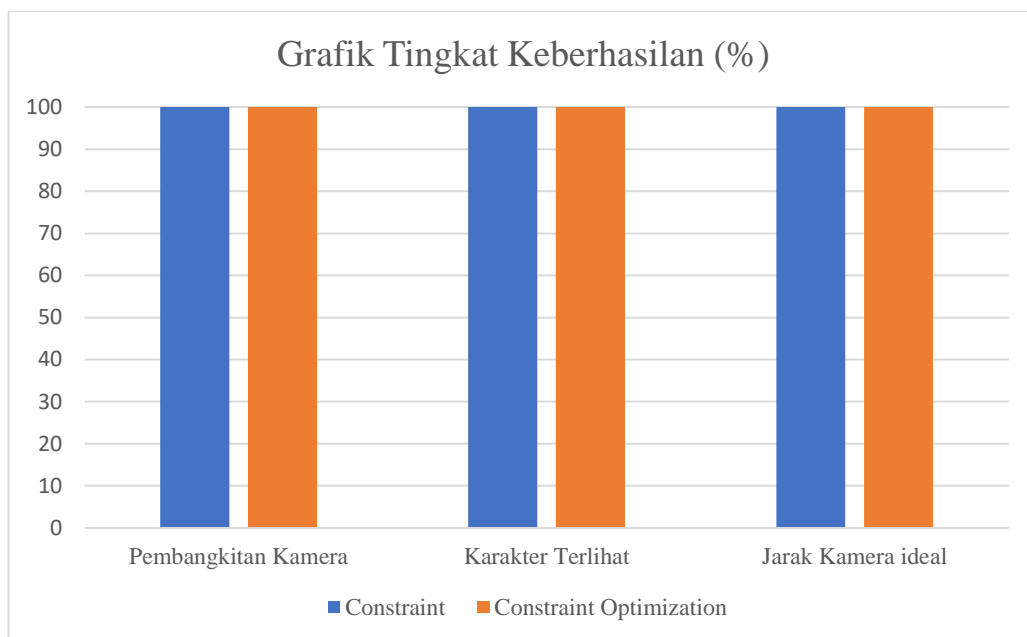
Scenario pengujian ini dilakukan dengan *Player* berjalan ke zona 2, dan akan dilihat apakah Ketika *Player* masuk ke zona 2, sistem akan otomatis mengaktifkan kamera zona 2 atau tidak.



Gambar 4. 7 Posisi zona 2 pada peta *hospital* dan *Field of view camera*

Icon kamera pada gambar 4.7 merupakan kamera yang akan aktif ketika karakter memasuki zona 2 dengan *collider* sebagai *Optimization* atau pembatas antara jarak ideal kamera dengan *Player*.

Kamera akan diuji berdasarkan tingkat keberhasilan jarak ideal mengikuti gerak karakter atau tidak. Pengujian dilakukan dengan melakukan 10 kali percobaan keluar masuk zona 2 untuk mengetahui apakah fungsi dari kamera otomatis sudah berjalan dengan baik. Berikut merupakan data hasil percobaan kamera virtual otomatis dengan pendekatan *Constraint Optimization*.



Gambar 4. 8 Grafik Tingkat keberhasilan Skenario *Player* berjalan ke zona 2

Seperti yang terlihat pada grafik di atas, presentase pembangkitan kamera menggunakan metode *constraint optimization* dan metode *constraint* menunjukkan nilai yang sama. Hal serupa terjadi pada pengujian dari segi karakter terlihat dan jarak kamera ideal, penggunaan metode *constraint optimization* menunjukkan presentase yang sama dengan metode *constraint*. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian dari pembangkitan kamera, karakter yang terlihat oleh kamera dan jarak karakter dengan kamera yang ideal menggunakan metode *constraint* dan *constraint optimization* pada zona 2 memiliki hasil yang sama baiknya.

Tabel 4. 2 Hasil Percobaan Skenario *Player* berjalan ke zona 2

Percobaan	Skenario	Hasil						
		Traditional	Constraint			Constraint Optimization		
			Pembangkitan Kamera Berhasil ?	Karakter Tertutup Objek Lain	Karakter Terlalu Jauh dengan Kamera	Pembangkitan Kamera Berhasil ?	Karakter Tertutup Objek Lain	Karakter Terlalu Jauh dengan Kamera
1	Pengujian <i>Player</i> berjalan ke zona 2.	tidak dapat dilakukan pengujian karena tidak mendukung multy camera	berhasil	Tidak	Tidak	berhasil	tidak	tidak
2			berhasil	Tidak	Tidak	berhasil	tidak	tidak
3			berhasil	Tidak	Tidak	berhasil	tidak	tidak
4			berhasil	Tidak	Tidak	berhasil	tidak	tidak
5			berhasil	Tidak	Tidak	berhasil	tidak	tidak
6			berhasil	Tidak	Tidak	berhasil	tidak	tidak
7			berhasil	Tidak	Tidak	berhasil	tidak	tidak
8			berhasil	Tidak	Tidak	berhasil	tidak	tidak
9			berhasil	Tidak	Tidak	berhasil	tidak	tidak
10			berhasil	Tidak	Tidak	berhasil	tidak	tidak

c. Pengujian *Player* berjalan ke zona 3

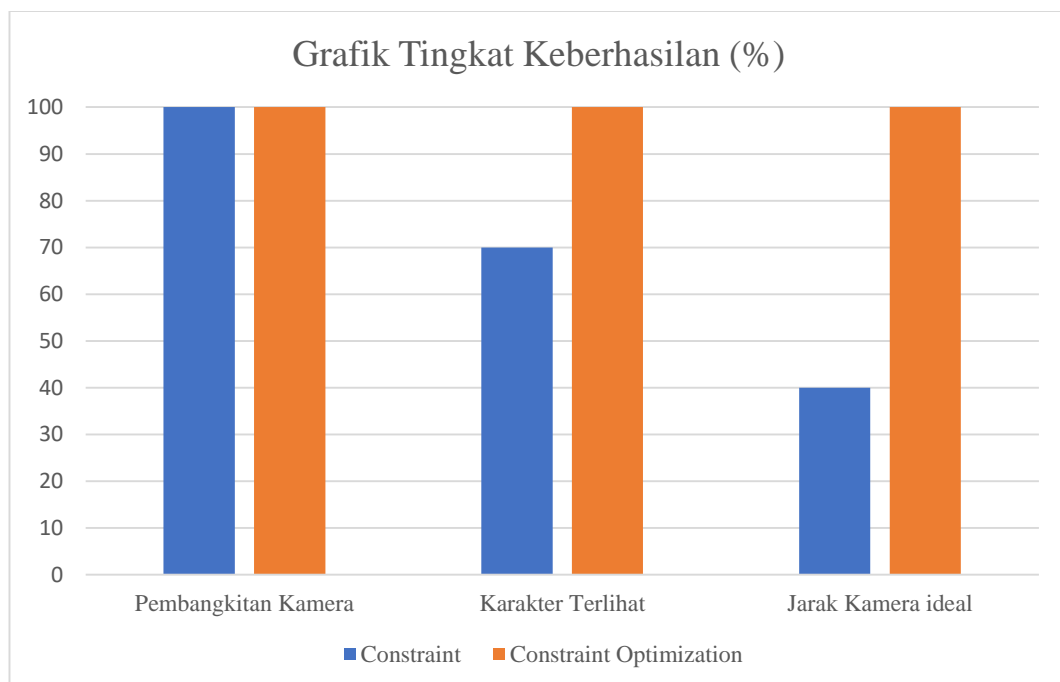
Scenario pengujian ini dilakukan dengan *Player* berjalan ke zona 3, dan akan dilihat apakah Ketika *Player* masuk ke zona 3, sistem akan otomatis mengaktifkan kamera zona 3 atau tidak.



Gambar 4. 9 Posisi zona 3 pada peta *hospital* dan *Field of view camera*

Icon kamera pada gambar 4.9 merupakan kamera yang akan aktif ketika karakter memasuki zona 3 dengan *collider* sebagai *Optimization* atau pembatas antara jarak ideal kamera dengan *Player*.

Kamera akan diuji berdasarkan tingkat keberhasilan jarak ideal mengikuti gerak karakter atau tidak. Pengujian dilakukan dengan melakukan 10 kali percobaan keluar masuk zona 3 untuk mengetahui apakah fungsi dari kamera otomatis sudah berjalan dengan baik. Berikut merupakan data hasil percobaan kamera virtual otomatis dengan pendekatan *Constraint Optimization*.



Gambar 4. 10 Grafik Tingkat keberhasilan Skenario *Player* berjalan ke zona 3

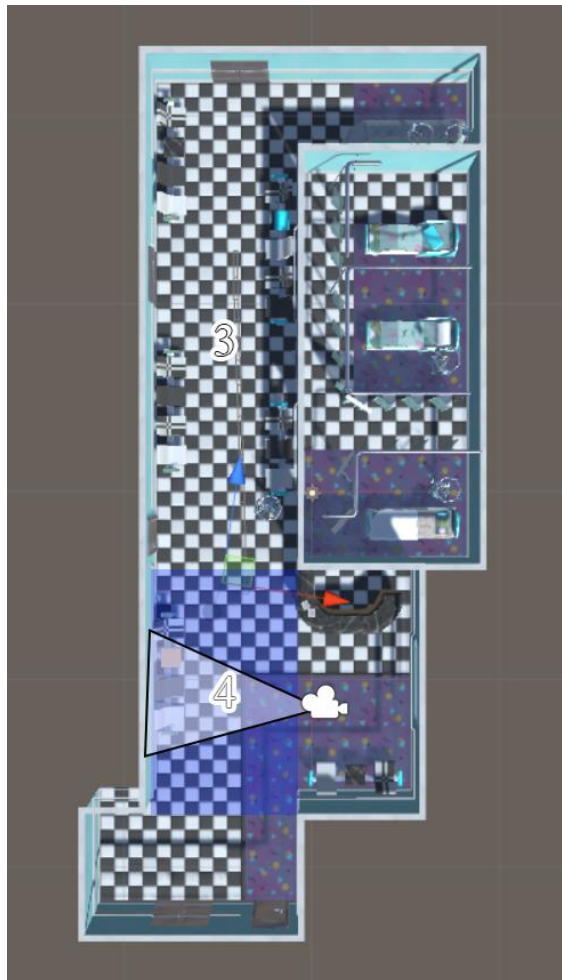
Seperti yang terlihat pada grafik di atas, presentase pembangkitan kamera menggunakan metode *constraint optimization* dan metode *constraint* menunjukkan nilai yang sama. Tetapi pengujian dari segi karakter terlihat dan jarak kamera ideal, penggunaan metode *constraint optimization* menunjukkan presentase yang lebih tinggi daripada metode *constraint*. Oleh Karena itu dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian menggunakan metode *constraint optimization* lebih baik dibandingkan menggunakan metode *constraint* pada zona 3.

Tabel 4. 3 Hasil Percobaan Skenario *Player* berjalan ke zona 3

Percobaan	Skenario	Hasil						
		Traditional	Constraint			Constraint Optimization		
			Pembangkitan Kamera Berhasil ?	Karakter Tertutup Objek Lain	Karakter Terlalu Jauh dengan Kamera	Pembangkitan Kamera Berhasil ?	Karakter Tertutup Objek Lain	Karakter Terlalu Jauh dengan Kamera
1	Pengujian <i>Player</i> berjalan ke zona 3.	tidak dapat dilakukan pengujian karena tidak mendukung multy camera	berhasil	Tidak	Tidak	berhasil	tidak	tidak
2			berhasil	Iya	Tidak	berhasil	tidak	tidak
3			berhasil	Tidak	Tidak	berhasil	tidak	tidak
4			berhasil	Iya	Tidak	berhasil	tidak	tidak
5			berhasil	Tidak	Iya	berhasil	tidak	tidak
6			berhasil	Tidak	Iya	berhasil	tidak	tidak
7			berhasil	Iya	Iya	berhasil	tidak	tidak
8			berhasil	Tidak	Iya	berhasil	tidak	tidak
9			berhasil	Tidak	Iya	berhasil	tidak	tidak
10			berhasil	Tidak	Iya	berhasil	tidak	tidak

d. Pengujian *Player* berjaan ke zona 4

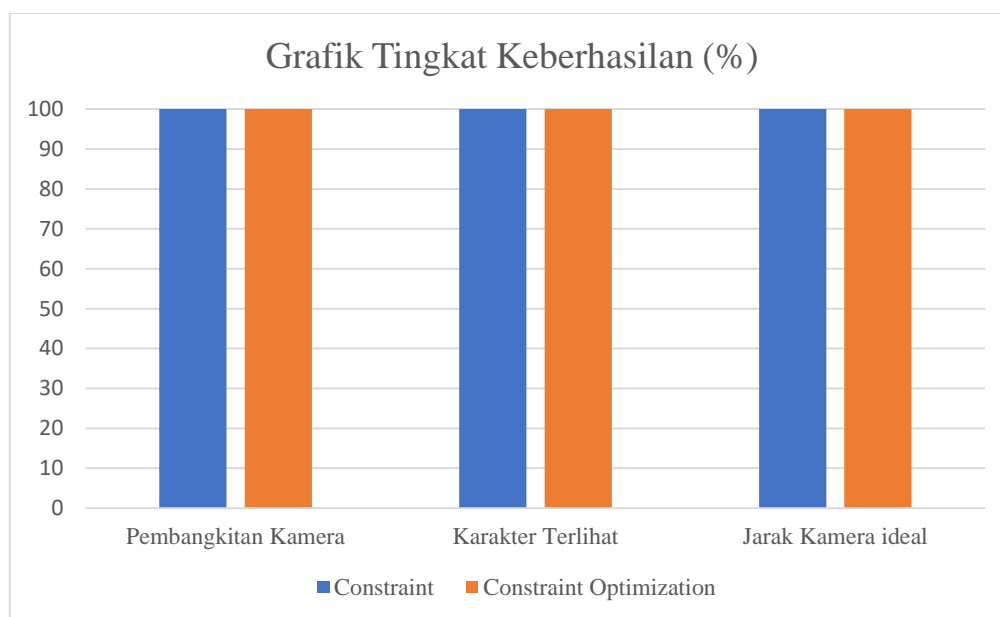
Scenario pengujian ini dilakukan dengan *Player* berjalan ke zona 4, dan akan dilihat apakah Ketika *Player* masuk ke zona 4, sistem akan otomatis mengaktifkan kamera zona 4 atau tidak.



Gambar 4. 11 Posisi zona 4 pada peta *hospital* dan *Field of view camera*

Icon kamera pada gambar 4.11 merupakan kamera yang akan aktif ketika karakter memasuki zona 4 dengan *collider* sebagai *Optimization* atau pembatas antara jarak ideal kamera dengan *Player*.

Kamera akan diuji berdasarkan tingkat keberhasilan jarak ideal mengikuti gerak karakter atau tidak. Pengujian dilakukan dengan melakukan 10 kali percobaan keluar masuk zona 4 untuk mengetahui apakah fungsi dari kamera otomatis sudah berjalan dengan baik. Berikut merupakan data hasil percobaan kamera virtual otomatis dengan pendekatan *Constraint Optimization*.



Gambar 4. 12 Grafik Tingkat keberhasilan Skenario *Player* berjalan ke zona 4

Seperti yang terlihat pada grafik di atas, presentase pembangkitan kamera menggunakan metode *constraint optimization* dan metode *constraint* menunjukkan nilai yang sama. Hal serupa terjadi pada pengujian dari segi karakter terlihat dan jarak kamera ideal, penggunaan metode *constraint optimization* menunjukkan presentase yang sama dengan metode *constraint*. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian dari pembangkitan kamera, karakter yang terlihat oleh kamera dan jarak karakter dengan kamera yang ideal menggunakan metode *constraint* dan *constraint optimization* pada zona 4 memiliki hasil yang sama baiknya.

Tabel 4. 4 Hasil Percobaan Skenario *Player* berjalan ke zona 4

Percobaan	Skenario	Hasil						
		Traditional	Constraint			Constraint Optimization		
			Pembangkitan Kamera Berhasil ?	Karakter Tertutup Objek Lain	Karakter Terlalu Jauh dengan Kamera	Pembangkitan Kamera Berhasil ?	Karakter Tertutup Objek Lain	Karakter Terlalu Jauh dengan Kamera
1	Pengujian <i>Player</i> berjalan ke zona 4.	tidak dapat dilakukan pengujian karena tidak mendukung multy camera	berhasil	Tidak	Tidak	berhasil	tidak	tidak
2			berhasil	Tidak	Tidak	berhasil	tidak	tidak
3			berhasil	Tidak	Tidak	berhasil	tidak	tidak
4			berhasil	Tidak	Tidak	berhasil	tidak	tidak
5			berhasil	Tidak	Tidak	berhasil	tidak	tidak
6			berhasil	Tidak	Tidak	berhasil	tidak	tidak
7			berhasil	Tidak	Tidak	berhasil	tidak	tidak
8			berhasil	Tidak	Tidak	berhasil	tidak	tidak
9			berhasil	Tidak	Tidak	berhasil	tidak	tidak
10			berhasil	Tidak	Tidak	berhasil	tidak	tidak

e. Pengujian *Player* berjaan ke zona 5

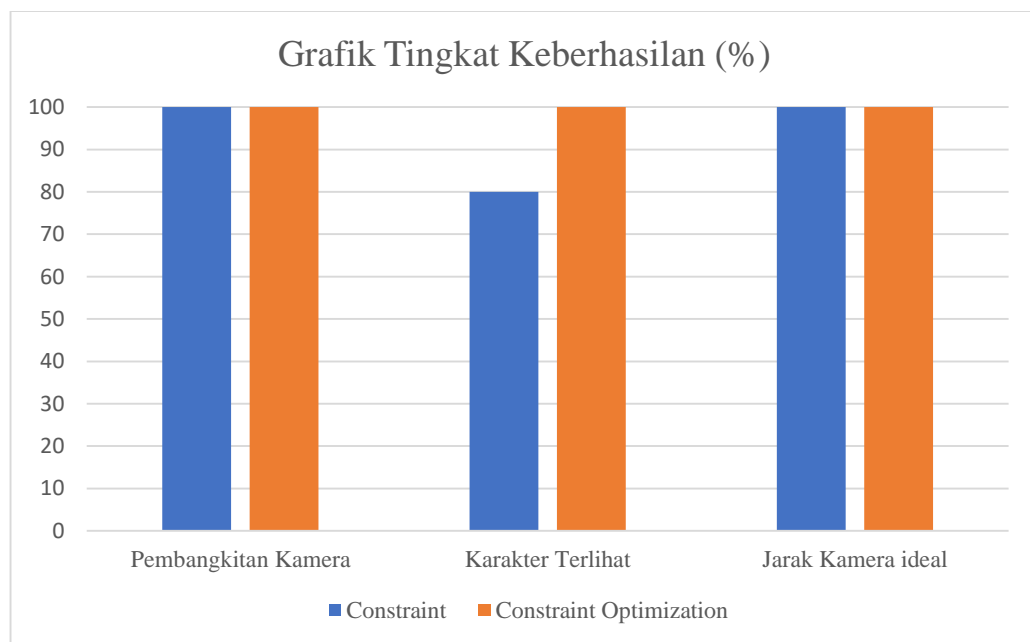
Scenario pengujian ini dilakukan dengan *Player* berjalan ke zona 5, dan akan dilihat apakah Ketika *Player* masuk ke zona 5, sistem akan otomatis mengaktifkan kamera zona 5 atau tidak.



Gambar 4. 13 Posisi zona 5 pada peta *hospital* dan *Field of view camera*

Icon kamera pada gambar 4.13 merupakan kamera yang akan aktif ketika karakter memasuki zona 5 dengan *collider* sebagai *Optimization* atau pembatas antara jarak ideal kamera dengan *Player*.

Kamera akan diuji berdasarkan tingkat keberhasilan jarak ideal mengikuti gerak karakter atau tidak. Pengujian dilakukan dengan melakukan 10 kali percobaan keluar masuk zona 5 untuk mengetahui apakah fungsi dari kamera otomatis sudah berjalan dengan baik. Berikut merupakan data hasil percobaan kamera virtual otomatis dengan pendekatan *Constraint Optimization*.



Gambar 4. 14 Grafik Tingkat keberhasilan Skenario *Player* berjalan ke zona 5

Seperti yang terlihat pada grafik di atas, presentase pembangkitan kamera dan penentuan jarak kamera idela menggunakan metode *constraint optimization* dan metode *constraint* menunjukkan nilai yang sama. Tetapi pengujian dari segi karakter terlihat, penggunaan metode *constraint optimization* menunjukkan presentase yang lebih tinggi daripada metode *constraint*. Oleh Karena itu dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian menggunakan metode *constraint optimization* lebih baik dibandingkan menggunakan metode *constraint* pada zona 5.

Tabel 4. 5 Hasil Percobaan Skenario *Player* berjalan ke zona 5

Percobaan	Skenario	Hasil						
		Traditional	Constraint			Constraint Optimization		
			Pembangkitan Kamera Berhasil ?	Karakter Tertutup Objek Lain	Karakter Terlalu Jauh dengan Kamera	Pembangkitan Kamera Berhasil ?	Karakter Tertutup Objek Lain	Karakter Terlalu Jauh dengan Kamera
1	Pengujian <i>Player</i> berjalan ke zona 5.	tidak dapat dilakukan pengujian karena tidak mendukung multy camera	berhasil	Tidak	Tidak	berhasil	tidak	tidak
2			berhasil	Tidak	Tidak	berhasil	tidak	tidak
3			berhasil	Iya	Tidak	berhasil	tidak	tidak
4			berhasil	Tidak	Tidak	berhasil	tidak	tidak
5			berhasil	Tidak	Tidak	berhasil	tidak	tidak
6			berhasil	Iya	Tidak	berhasil	tidak	tidak
7			berhasil	Tidak	Tidak	berhasil	tidak	tidak
8			berhasil	Tidak	Tidak	berhasil	tidak	tidak
9			berhasil	Tidak	Tidak	berhasil	tidak	tidak
10			berhasil	Tidak	Tidak	berhasil	tidak	tidak

f. Pengujian *Player* berjalan ke zona 6

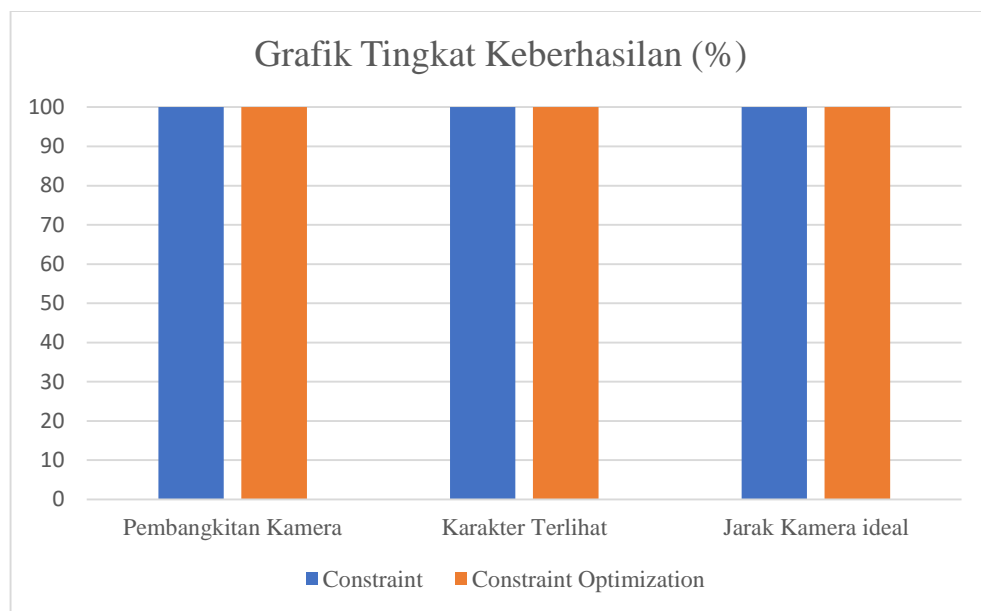
Scenario pengujian ini dilakukan dengan *Player* berjalan ke zona 6, dan akan dilihat apakah Ketika *Player* masuk ke zona 6, sistem akan otomatis mengaktifkan kamera zona 6 atau tidak.



Gambar 4. 15 Posisi zona 6 pada peta *hospital* dan *Field of view camera*

Icon kamera pada gambar 4.15 merupakan kamera yang akan aktif ketika karakter memasuki zona 6 dengan *collider* sebagai *Optimization* atau pembatas antara jarak ideal kamera dengan *Player*.

Kamera akan diuji berdasarkan tingkat keberhasilan jarak ideal mengikuti gerak karakter atau tidak. Pengujian dilakukan dengan melakukan 10 kali percobaan keluar masuk zona 6 untuk mengetahui apakah fungsi dari kamera otomatis sudah berjalan dengan baik. Berikut merupakan data hasil percobaan kamera virtual otomatis dengan pendekatan *Constraint Optimization*.



Gambar 4. 16 Grafik Tingkat keberhasilan Skenario *Player* berjalan ke zona 6

Seperti yang terlihat pada grafik di atas, presentase pembangkitan kamera menggunakan metode *constraint optimization* dan metode *constraint* menunjukkan nilai yang sama. Hal serupa terjadi pada pengujian dari segi karakter terlihat dan jarak kamera ideal, penggunaan metode *constraint optimization* menunjukkan presentase yang sama dengan metode *constraint*. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian dari pembangkitan kamera, karakter yang terlihat oleh kamera dan jarak karakter dengan kamera yang ideal menggunakan metode *constraint* dan *constraint optimization* pada zona 6 memiliki hasil yang sama baiknya.

Tabel 4. 6 Hasil Percobaan Skenario *Player* berjalan ke zona 6

Percobaan	Skenario	Hasil						
		Traditional	Constraint			Constraint Optimization		
			Pembangkitan Kamera Berhasil ?	Karakter Tertutup Objek Lain	Karakter Terlalu Jauh dengan Kamera	Pembangkitan Kamera Berhasil ?	Karakter Tertutup Objek Lain	Karakter Terlalu Jauh dengan Kamera
1	Pengujian <i>Player</i> berjalan ke zona 6.	tidak dapat dilakukan pengujian karena tidak mendukung multy camera	berhasil	Tidak	Tidak	berhasil	tidak	tidak
2			berhasil	Tidak	Tidak	berhasil	tidak	tidak
3			berhasil	Tidak	Tidak	berhasil	tidak	tidak
4			berhasil	Tidak	Tidak	berhasil	tidak	tidak
5			berhasil	Tidak	Tidak	berhasil	tidak	tidak
6			berhasil	Tidak	Tidak	berhasil	tidak	tidak
7			berhasil	Tidak	Tidak	berhasil	tidak	tidak
8			berhasil	Tidak	Tidak	berhasil	tidak	tidak
9			berhasil	Tidak	Tidak	berhasil	tidak	tidak
10			berhasil	Tidak	Tidak	berhasil	tidak	tidak

g. Pengujian *Player* berjaan ke zona 7

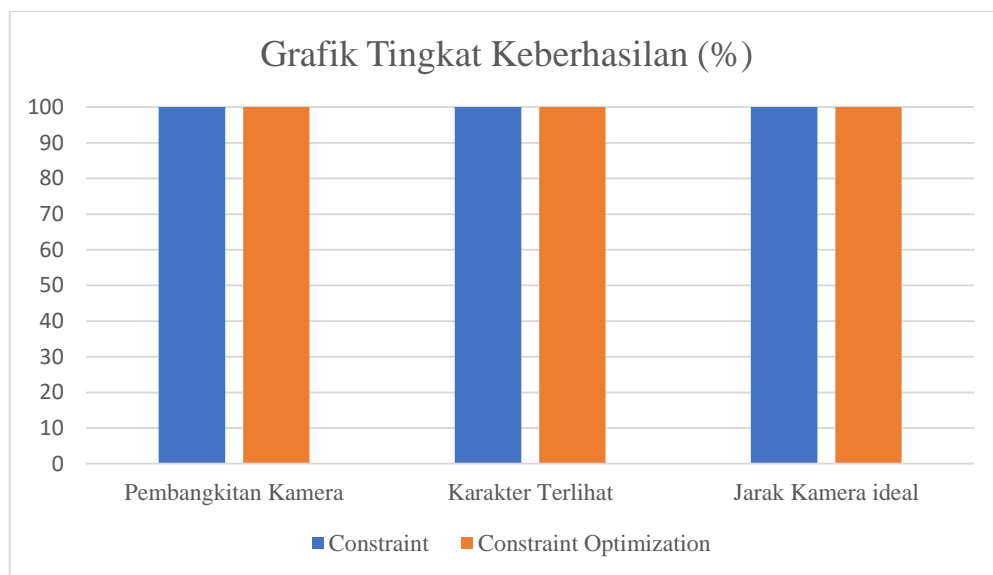
Scenario pengujian ini dilakukan dengan *Player* berjalan ke zona 7, dan akan dilihat apakah Ketika *Player* masuk ke zona 7, sistem akan otomatis mengaktifkan kamera zona 7 atau tidak.



Gambar 4. 17 Posisi zona 7 pada peta *hospital* dan *Field of view* camera

Icon kamera pada gambar 4.17 merupakan kamera yang akan aktif ketika karakter memasuki zona 7 dengan *collider* sebagai *Optimization* atau pembatas antara jarak ideal kamera dengan *Player*.

Kamera akan diuji berdasarkan tingkat keberhasilan jarak ideal mengikuti gerak karakter atau tidak. Pengujian dilakukan dengan melakukan 10 kali percobaan keluar masuk zona 7 untuk mengetahui apakah fungsi dari kamera otomatis sudah berjalan dengan baik. Berikut merupakan data hasil percobaan kamera virtual otomatis dengan pendekatan *Constraint Optimization*.



Gambar 4. 18 Grafik Tingkat keberhasilan Skenario *Player* berjalan ke zona 7

Seperti yang terlihat pada grafik di atas, presentase pembangkitan kamera menggunakan metode *constraint optimization* dan metode *constraint* menunjukkan nilai yang sama. Hal serupa terjadi pada pengujian dari segi karakter terlihat dan jarak kamera ideal, penggunaan metode *constraint optimization* menunjukkan presentase yang sama dengan metode *constraint*. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian dari pembangkitan kamera, karakter yang terlihat oleh kamera dan jarak karakter dengan kamera yang ideal menggunakan metode *constraint* dan *constraint optimization* pada zona 7 memiliki hasil yang sama b.

Tabel 4. 7 Hasil Percobaan Skenario *Player* berjalan ke zona 7

Percobaan	Skenario	Hasil						
		Traditional	Constraint			Constraint Optimization		
			Pembangkitan Kamera Berhasil ?	Karakter Tertutup Objek Lain	Karakter Terlalu Jauh dengan Kamera	Pembangkitan Kamera Berhasil ?	Karakter Tertutup Objek Lain	Karakter Terlalu Jauh dengan Kamera
1	Pengujian <i>Player</i> berjalan ke zona 7.	tidak dapat dilakukan pengujian karena tidak mendukung multy camera	berhasil	Tidak	Tidak	berhasil	tidak	tidak
2			berhasil	Tidak	Tidak	berhasil	tidak	tidak
3			berhasil	Tidak	Tidak	berhasil	tidak	tidak
4			berhasil	Tidak	Tidak	berhasil	tidak	tidak
5			berhasil	Tidak	Tidak	berhasil	tidak	tidak
6			berhasil	Tidak	Tidak	berhasil	tidak	tidak
7			berhasil	Tidak	Tidak	berhasil	tidak	tidak
8			berhasil	Tidak	Tidak	berhasil	tidak	tidak
9			berhasil	Tidak	Tidak	berhasil	tidak	tidak
10			berhasil	Tidak	Tidak	berhasil	tidak	tidak

4.3 Efektifitas kinerja Sistem

Efektifitas kinerja SVC diukur berdasarkan waktu pencarian waktu pencarian dalam menghasilkan *shot*. Waktu pencarian menentukan kemampuan *system* dalam membangkitkan *control* kamera virtual untuk shot selanjutnya dalam dalam waktu yang di batasi oleh durasi pada shot yang sedang dimainkan. Batas waktu pembangkitan kontrol kamera virtual otomatis ditentukan dari data durasi pembangkitan shot dalam penelitian terkait. Nilai ini ditentukan dengan pertimbangan setiap perubahan kondisi mengharuskan system untuk mencari shot baru yang ideal. Pembangkitan shot baru memerlukan proses pembangkitan kontrol kamera virtual otomatis.

SVC dinyatakan efektif dengan nilai ekspektasi yang ditentukan adalah minimal 80% *shot* dihasilkan dengan waktu pembangkitan kurang dari batas waktu maksimal yang ditentukan. Waktu maksimal yang di pakai pada penelitian ini berpacu pada penelitian terkait yang memiliki batas waktu tersingkat, yaitu 34,4 *milisecond*.

Output tersebut akan melakukan pencatatan waktu di saat proses akan di mulai dan akan melakukan *output* waktu proses pada *console unity engine*. Untuk tampilan *output* waktu proses sebagai berikut.

Untuk data pembangkitan kontrol kamera virtual otomatis pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

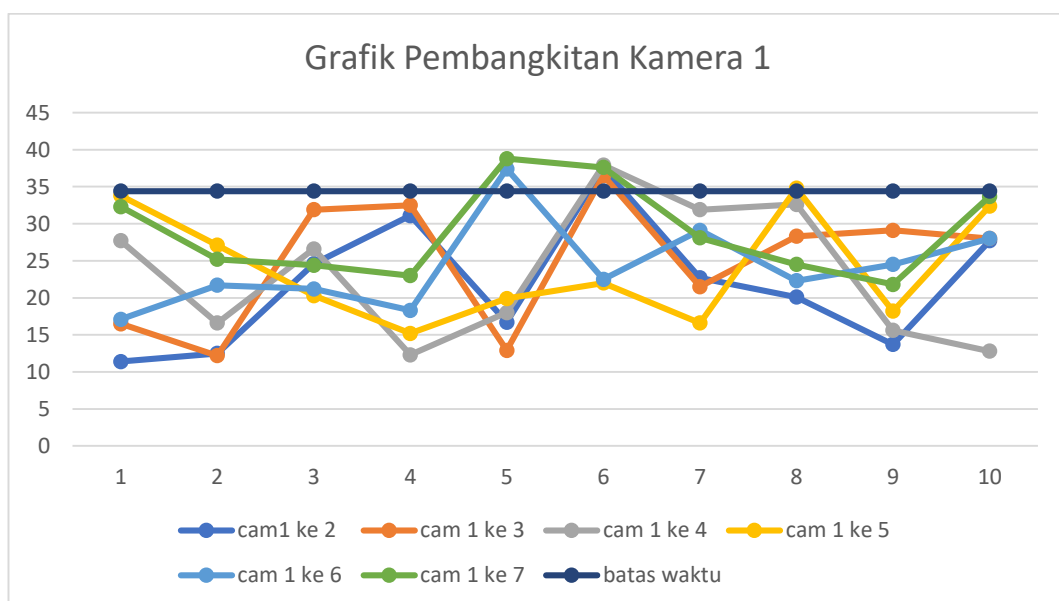
1. Data Pembangkitan Dari Kamera 1 ke Kamera lainnya

Tabel 4. 8 Tabel Pembangkitan yang berasal dari Kamera 1

No	Perpindahan Camera		Percobaan	Waktu Pembangkitan (Milisecond)
	From	To		
1	Cam1	Cam2	1	11,4
2	Cam1	Cam2	2	12,5
3	Cam1	Cam2	3	24,6
4	Cam1	Cam2	4	31,1
5	Cam1	Cam2	5	16,7
6	Cam1	Cam2	6	37,5
7	Cam1	Cam2	7	22,7
8	Cam1	Cam2	8	20,1
9	Cam1	Cam2	9	13,7
10	Cam1	Cam2	10	27,7
11	Cam1	Cam3	1	16,5
12	Cam1	Cam3	2	12,2
13	Cam1	Cam3	3	31,9
14	Cam1	Cam3	4	32,5
15	Cam1	Cam3	5	12,9
16	Cam1	Cam3	6	36,5
17	Cam1	Cam3	7	21,5
18	Cam1	Cam3	8	28,3
19	Cam1	Cam3	9	29,1
20	Cam1	Cam3	10	28,0
21	Cam1	Cam4	1	27,7
22	Cam1	Cam4	2	16,6
23	Cam1	Cam4	3	26,6
24	Cam1	Cam4	4	12,3
25	Cam1	Cam4	5	18,0
26	Cam1	Cam4	6	37,9
27	Cam1	Cam4	7	31,9
28	Cam1	Cam4	8	32,6
29	Cam1	Cam4	9	15,6
30	Cam1	Cam4	10	12,8
31	Cam1	Cam5	1	33,8
32	Cam1	Cam5	2	27,1
33	Cam1	Cam5	3	20,3
34	Cam1	Cam5	4	15,2
35	Cam1	Cam5	5	19,9
36	Cam1	Cam5	6	22,0

37	Cam1	Cam5	7	16,6
38	Cam1	Cam5	8	34,8
39	Cam1	Cam5	9	18,2
40	Cam1	Cam5	10	32,4
41	Cam1	Cam6	1	17,1
42	Cam1	Cam6	2	21,7
43	Cam1	Cam6	3	21,2
44	Cam1	Cam6	4	18,3
45	Cam1	Cam6	5	37,4
46	Cam1	Cam6	6	22,5
47	Cam1	Cam6	7	29,1
48	Cam1	Cam6	8	22,3
49	Cam1	Cam6	9	24,5
50	Cam1	Cam7	10	37,5
51	Cam1	Cam7	1	32,3
52	Cam1	Cam7	2	25,2
53	Cam1	Cam7	3	24,4
54	Cam1	Cam7	4	23,0
55	Cam1	Cam7	5	38,8
56	Cam1	Cam7	6	37,6
57	Cam1	Cam7	7	28,1
58	Cam1	Cam7	8	24,5
59	Cam1	Cam7	9	21,8
60	Cam1	Cam7	10	33,7

Jika ditarik hasil dari tabel di atas didapatkan grafik sebagai berikut.



Gambar 4. 19 Grafik Pembangkitan yang berasal dari Kamera 1

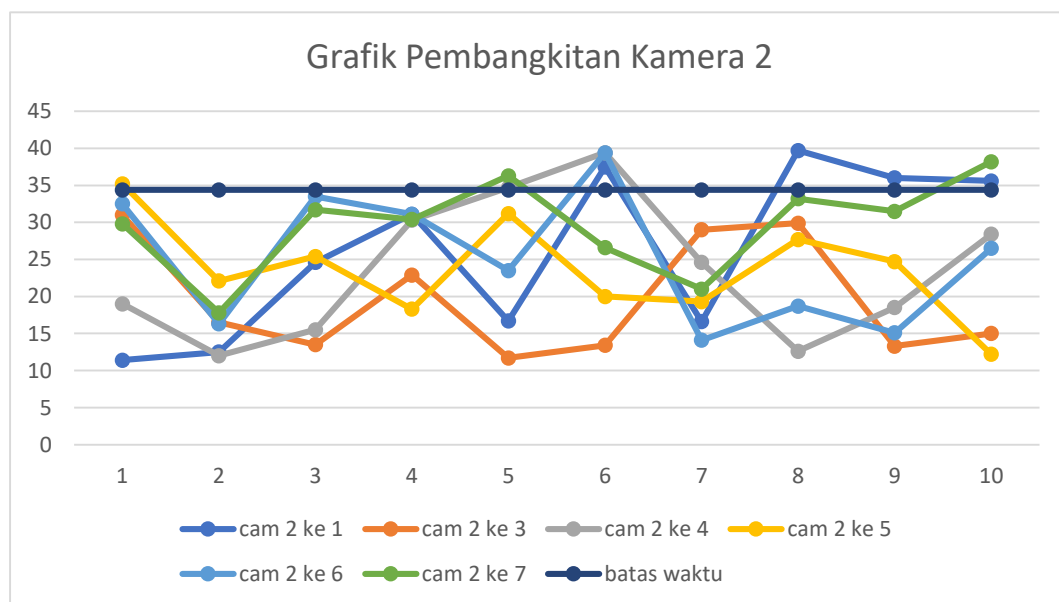
2. Data Pembangkitan yang berasal dari kamera 2

Tabel 4. 9 Tabel Pembangkitan yang berasal dari Kamera

No	Perpindahan Camera		Percobaan	Waktu Pembangkitan (Milisecond)
	From	To		
1	Cam2	Cam1	1	11,4
2	Cam2	Cam1	2	12,5
3	Cam2	Cam1	3	24,6
4	Cam2	Cam1	4	31,1
5	Cam2	Cam1	5	16,7
6	Cam2	Cam1	6	37,5
7	Cam2	Cam1	7	16,6
8	Cam2	Cam1	8	39,7
9	Cam2	Cam1	9	36,0
10	Cam2	Cam1	10	35,6
11	Cam2	Cam3	1	31,0
12	Cam2	Cam3	2	16,5
13	Cam2	Cam3	3	13,5
14	Cam2	Cam3	4	22,9
15	Cam2	Cam3	5	11,7
16	Cam2	Cam3	6	13,4
17	Cam2	Cam3	7	29,0
18	Cam2	Cam3	8	29,9
19	Cam2	Cam3	9	13,3
20	Cam2	Cam3	10	15,0
21	Cam2	Cam4	1	19,0
22	Cam2	Cam4	2	12,0
23	Cam2	Cam4	3	15,5
24	Cam2	Cam4	4	30,3
25	Cam2	Cam4	5	34,7
26	Cam2	Cam4	6	39,4
27	Cam2	Cam4	7	24,6
28	Cam2	Cam4	8	12,6
29	Cam2	Cam4	9	18,5
30	Cam2	Cam4	10	28,4
31	Cam2	Cam5	1	35,2
32	Cam2	Cam5	2	22,1
33	Cam2	Cam5	3	25,4
34	Cam2	Cam5	4	18,3
35	Cam2	Cam5	5	31,2
36	Cam2	Cam5	6	20,0
37	Cam2	Cam5	7	19,3

38	Cam2	Cam5	8	27,7
39	Cam2	Cam5	9	24,7
40	Cam2	Cam5	10	12,2
41	Cam2	Cam6	1	32,5
42	Cam2	Cam6	2	16,3
43	Cam2	Cam6	3	33,5
44	Cam2	Cam6	4	31,1
45	Cam2	Cam6	5	23,5
46	Cam2	Cam6	6	39,4
47	Cam2	Cam6	7	14,1
48	Cam2	Cam6	8	18,7
49	Cam2	Cam6	9	15,1
50	Cam2	Cam7	10	26,5
51	Cam2	Cam7	1	29,8
52	Cam2	Cam7	2	17,8
53	Cam2	Cam7	3	31,7
54	Cam2	Cam7	4	30,4
55	Cam2	Cam7	5	36,3
56	Cam2	Cam7	6	26,6
57	Cam2	Cam7	7	21,0
58	Cam2	Cam7	8	33,2
59	Cam2	Cam7	9	31,5
60	Cam2	Cam7	10	38,2

Jika ditarik hasil dari table di atas didapatkan grafik sebagai berikut.



Gambar 4. 20 Grafik Pembangkitan yang berasal dari Kamera 2

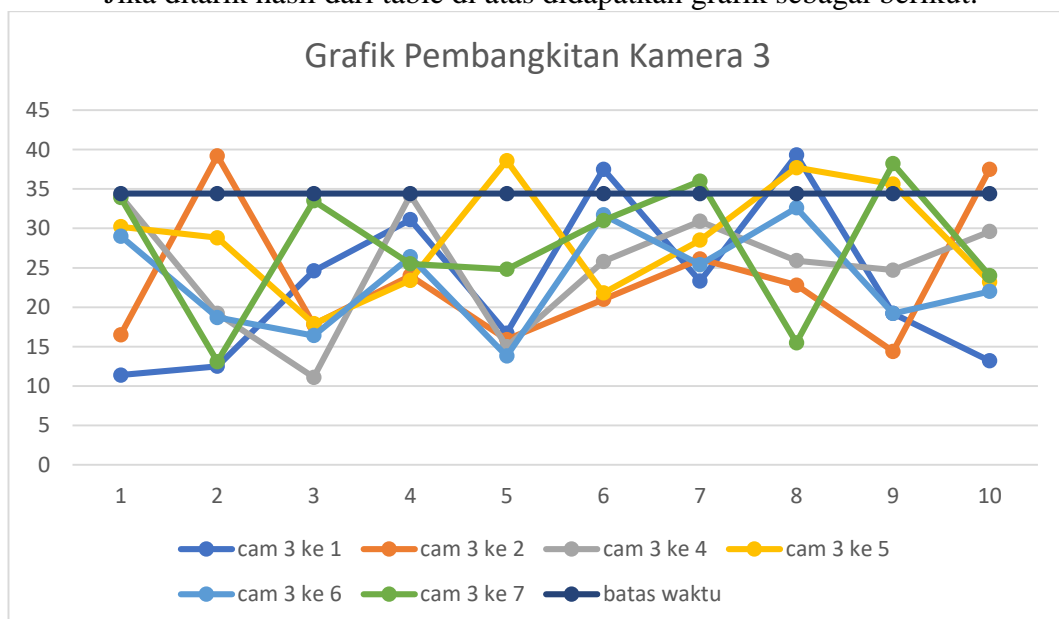
3. Data Pembangkitan yang berasal dari kamera 3

Tabel 4. 10 Grafik Pembangkitan yang berasal dari Kamera 2

No	Perpindahan Camera		Percobaan	Waktu Pembangkitan (Milisecond)
	From	To		
1	Cam3	Cam1	1	11,4
2	Cam3	Cam1	2	12,5
3	Cam3	Cam1	3	24,6
4	Cam3	Cam1	4	31,1
5	Cam3	Cam1	5	16,7
6	Cam3	Cam1	6	37,5
7	Cam3	Cam1	7	23,3
8	Cam3	Cam1	8	39,3
9	Cam3	Cam1	9	19,2
10	Cam3	Cam1	10	13,2
11	Cam3	Cam2	1	16,5
12	Cam3	Cam2	2	39,2
13	Cam3	Cam2	3	17,8
14	Cam3	Cam2	4	24,0
15	Cam3	Cam2	5	15,9
16	Cam3	Cam2	6	21,0
17	Cam3	Cam2	7	26,1
18	Cam3	Cam2	8	22,8
19	Cam3	Cam2	9	14,4
20	Cam3	Cam2	10	37,5
21	Cam3	Cam4	1	34,1
22	Cam3	Cam4	2	19,2
23	Cam3	Cam4	3	11,1
24	Cam3	Cam4	4	34,2
25	Cam3	Cam4	5	15,0
26	Cam3	Cam4	6	25,8
27	Cam3	Cam4	7	30,9
28	Cam3	Cam4	8	25,9
29	Cam3	Cam4	9	24,7
30	Cam3	Cam4	10	29,6
31	Cam3	Cam5	1	30,2
32	Cam3	Cam5	2	28,8
33	Cam3	Cam5	3	17,9
34	Cam3	Cam5	4	23,4
35	Cam3	Cam5	5	38,6
36	Cam3	Cam5	6	21,8
37	Cam3	Cam5	7	28,5

38	Cam3	Cam5	8	37,7
39	Cam3	Cam5	9	35,6
40	Cam3	Cam5	10	23,2
41	Cam3	Cam6	1	29,0
42	Cam3	Cam6	2	18,7
43	Cam3	Cam6	3	16,4
44	Cam3	Cam6	4	26,4
45	Cam3	Cam6	5	13,8
46	Cam3	Cam6	6	31,7
47	Cam3	Cam6	7	25,4
48	Cam3	Cam6	8	32,6
49	Cam3	Cam6	9	19,2
50	Cam3	Cam7	10	22,0
51	Cam3	Cam7	1	33,9
52	Cam3	Cam7	2	13,1
53	Cam3	Cam7	3	33,5
54	Cam3	Cam7	4	25,5
55	Cam3	Cam7	5	24,8
56	Cam3	Cam7	6	31,0
57	Cam3	Cam7	7	36,0
58	Cam3	Cam7	8	15,5
59	Cam3	Cam7	9	38,2
60	Cam3	Cam7	10	24,0

Jika ditarik hasil dari table di atas didapatkan grafik sebagai berikut.



Gambar 4. 21 Grafik Pembangkitan yang berasal dari Kamera 3

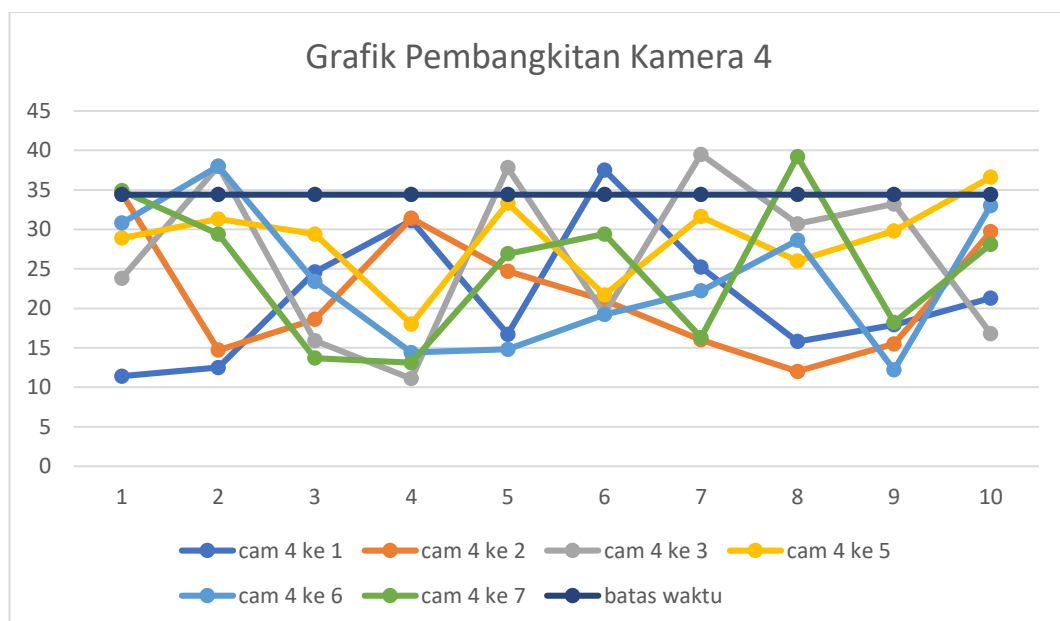
4. Data Pembangkitan yang berasal dari kamera 4

Tabel 4. 11 Tabel Pembangkitan yang berasal dari Kamera 4

No	Perpindahan Camera		Percobaan	Waktu Pembangkitan (Milisecond)
	From	To		
1	Cam4	Cam1	1	11,4
2	Cam4	Cam1	2	12,5
3	Cam4	Cam1	3	24,6
4	Cam4	Cam1	4	31,1
5	Cam4	Cam1	5	16,7
6	Cam4	Cam1	6	37,5
7	Cam4	Cam1	7	25,2
8	Cam4	Cam1	8	15,8
9	Cam4	Cam1	9	17,9
10	Cam4	Cam1	10	21,3
11	Cam4	Cam2	1	34,6
12	Cam4	Cam2	2	14,7
13	Cam4	Cam2	3	18,6
14	Cam4	Cam2	4	31,4
15	Cam4	Cam2	5	24,7
16	Cam4	Cam2	6	21,0
17	Cam4	Cam2	7	16,0
18	Cam4	Cam2	8	12,0
19	Cam4	Cam2	9	15,5
20	Cam4	Cam2	10	29,7
21	Cam4	Cam3	1	23,8
22	Cam4	Cam3	2	38,0
23	Cam4	Cam3	3	15,9
24	Cam4	Cam3	4	11,1
25	Cam4	Cam3	5	37,8
26	Cam4	Cam3	6	19,3
27	Cam4	Cam3	7	39,5
28	Cam4	Cam3	8	30,7
29	Cam4	Cam3	9	33,2
30	Cam4	Cam3	10	16,8
31	Cam4	Cam5	1	28,9
32	Cam4	Cam5	2	31,3
33	Cam4	Cam5	3	29,4
34	Cam4	Cam5	4	18,0
35	Cam4	Cam5	5	33,3
36	Cam4	Cam5	6	21,7
37	Cam4	Cam5	7	31,6

38	Cam4	Cam5	8	26,0
39	Cam4	Cam5	9	29,8
40	Cam4	Cam5	10	36,6
41	Cam4	Cam6	1	30,8
42	Cam4	Cam6	2	38,0
43	Cam4	Cam6	3	23,4
44	Cam4	Cam6	4	14,4
45	Cam4	Cam6	5	14,8
46	Cam4	Cam6	6	19,2
47	Cam4	Cam6	7	22,2
48	Cam4	Cam6	8	28,6
49	Cam4	Cam6	9	12,2
50	Cam4	Cam7	10	33,0
51	Cam4	Cam7	1	34,9
52	Cam4	Cam7	2	29,4
53	Cam4	Cam7	3	13,7
54	Cam4	Cam7	4	13,1
55	Cam4	Cam7	5	26,9
56	Cam4	Cam7	6	29,4
57	Cam4	Cam7	7	16,3
58	Cam4	Cam7	8	39,2
59	Cam4	Cam7	9	18,2
60	Cam4	Cam7	10	28,1

Jika ditarik hasil dari table di atas didapatkan grafik sebagai berikut.



Gambar 4. 22 Grafik Pembangkitan yang berasal dari Kamera 4

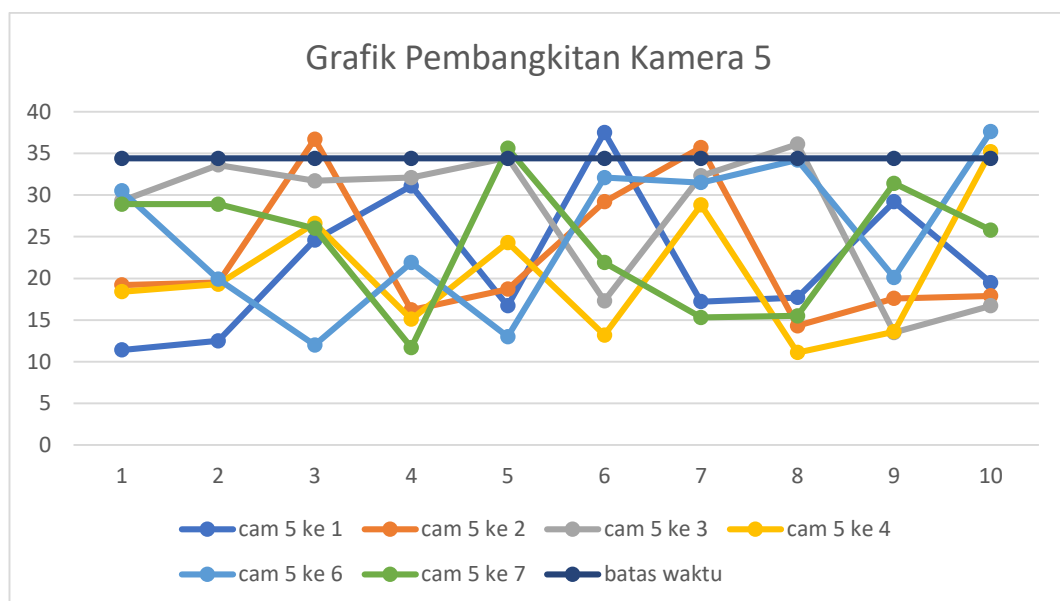
5. Data Pembangkitan yang berasal dari kamera 5

Tabel 4. 12 Tabel Pembangkitan yang berasal dari Kamera 5

No	Perpindahan Camera		Percobaan	Waktu Pembangkitan (Milisecond)
	From	To		
1	Cam5	Cam1	1	11,4
2	Cam5	Cam1	2	12,5
3	Cam5	Cam1	3	24,6
4	Cam5	Cam1	4	31,1
5	Cam5	Cam1	5	16,7
6	Cam5	Cam1	6	37,5
7	Cam5	Cam1	7	17,2
8	Cam5	Cam1	8	17,7
9	Cam5	Cam1	9	29,2
10	Cam5	Cam1	10	19,5
11	Cam5	Cam2	1	19,2
12	Cam5	Cam2	2	19,5
13	Cam5	Cam2	3	36,7
14	Cam5	Cam2	4	16,2
15	Cam5	Cam2	5	18,7
16	Cam5	Cam2	6	29,2
17	Cam5	Cam2	7	35,7
18	Cam5	Cam2	8	14,3
19	Cam5	Cam2	9	17,6
20	Cam5	Cam2	10	17,9
21	Cam5	Cam3	1	29,3
22	Cam5	Cam3	2	33,6
23	Cam5	Cam3	3	31,7
24	Cam5	Cam3	4	32,1
25	Cam5	Cam3	5	34,5
26	Cam5	Cam3	6	17,3
27	Cam5	Cam3	7	32,3
28	Cam5	Cam3	8	36,1
29	Cam5	Cam3	9	13,5
30	Cam5	Cam3	10	16,7
31	Cam5	Cam4	1	18,4
32	Cam5	Cam4	2	19,3
33	Cam5	Cam4	3	26,6
34	Cam5	Cam4	4	15,1
35	Cam5	Cam4	5	24,3
36	Cam5	Cam4	6	13,2
37	Cam5	Cam4	7	28,8

38	Cam5	Cam4	8	11,1
39	Cam5	Cam4	9	13,6
40	Cam5	Cam4	10	35,2
41	Cam5	Cam6	1	30,5
42	Cam5	Cam6	2	19,9
43	Cam5	Cam6	3	12,0
44	Cam5	Cam6	4	21,9
45	Cam5	Cam6	5	13,0
46	Cam5	Cam6	6	32,1
47	Cam5	Cam6	7	31,5
48	Cam5	Cam6	8	34,2
49	Cam5	Cam6	9	20,1
50	Cam5	Cam7	10	37,6
51	Cam5	Cam7	1	28,9
52	Cam5	Cam7	2	28,9
53	Cam5	Cam7	3	26,0
54	Cam5	Cam7	4	11,7
55	Cam5	Cam7	5	35,6
56	Cam5	Cam7	6	21,9
57	Cam5	Cam7	7	15,3
58	Cam5	Cam7	8	15,5
59	Cam5	Cam7	9	31,4
60	Cam5	Cam7	10	25,8

Jika ditarik hasil dari table di atas didapatkan grafik sebagai berikut.



Gambar 4. 23 Grafik Pembangkitan yang berasal dari Kamera 5

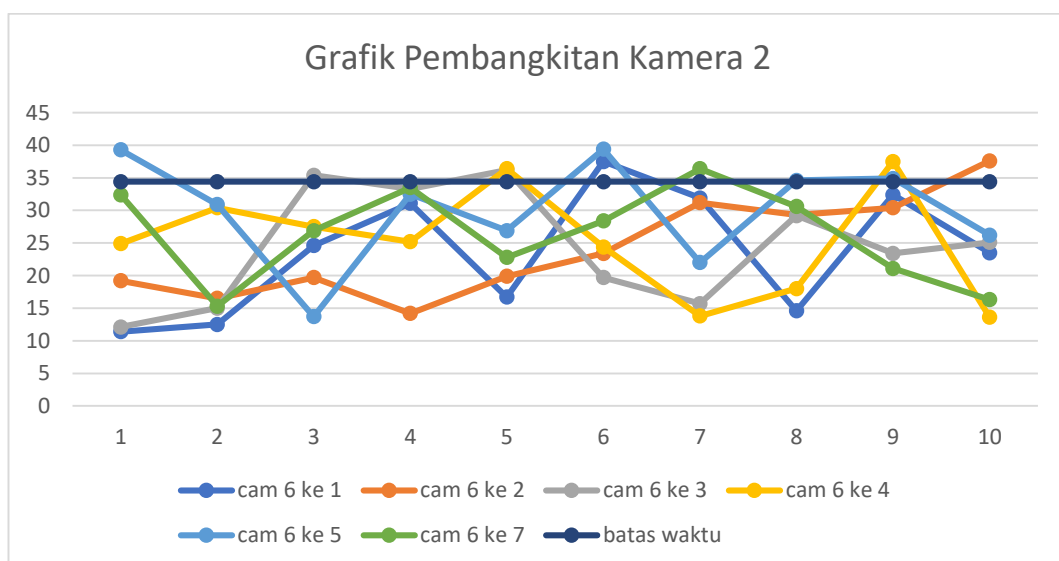
6. Data Pembangkitan yang berasal dari kamera 6

Tabel 4. 13 Tabel Pembangkitan yang berasal dari Kamera 6

No	Perpindahan Camera		Percobaan	Waktu Pembangkitan (Milisecond)
	From	To		
1	Cam6	Cam1	1	11,4
2	Cam6	Cam1	2	12,5
3	Cam6	Cam1	3	24,6
4	Cam6	Cam1	4	31,1
5	Cam6	Cam1	5	16,7
6	Cam6	Cam1	6	37,5
7	Cam6	Cam1	7	31,9
8	Cam6	Cam1	8	14,6
9	Cam6	Cam1	9	32,4
10	Cam6	Cam1	10	23,5
11	Cam6	Cam2	1	19,2
12	Cam6	Cam2	2	16,5
13	Cam6	Cam2	3	19,7
14	Cam6	Cam2	4	14,2
15	Cam6	Cam2	5	19,9
16	Cam6	Cam2	6	23,4
17	Cam6	Cam2	7	31,2
18	Cam6	Cam2	8	29,3
19	Cam6	Cam2	9	30,4
20	Cam6	Cam2	10	37,6
21	Cam6	Cam3	1	12,1
22	Cam6	Cam3	2	15,0
23	Cam6	Cam3	3	35,4
24	Cam6	Cam3	4	33,3
25	Cam6	Cam3	5	36,2
26	Cam6	Cam3	6	19,7
27	Cam6	Cam3	7	15,7
28	Cam6	Cam3	8	29,2
29	Cam6	Cam3	9	23,4
30	Cam6	Cam3	10	25,1
31	Cam6	Cam4	1	24,9
32	Cam6	Cam4	2	30,4
33	Cam6	Cam4	3	27,5
34	Cam6	Cam4	4	25,2
35	Cam6	Cam4	5	36,4
36	Cam6	Cam4	6	24,4

37	Cam6	Cam4	7	13,8
38	Cam6	Cam4	8	18,0
39	Cam6	Cam4	9	37,5
40	Cam6	Cam4	10	13,6
41	Cam6	Cam5	1	39,3
42	Cam6	Cam5	2	30,9
43	Cam6	Cam5	3	13,7
44	Cam6	Cam5	4	32,5
45	Cam6	Cam5	5	26,9
46	Cam6	Cam5	6	39,4
47	Cam6	Cam5	7	22,0
48	Cam6	Cam5	8	34,6
49	Cam6	Cam5	9	34,9
50	Cam6	Cam7	10	26,2
51	Cam6	Cam7	1	32,4
52	Cam6	Cam7	2	15,3
53	Cam6	Cam7	3	26,9
54	Cam6	Cam7	4	33,5
55	Cam6	Cam7	5	22,8
56	Cam6	Cam7	6	28,4
57	Cam6	Cam7	7	36,4
58	Cam6	Cam7	8	30,6
59	Cam6	Cam7	9	21,1
60	Cam6	Cam7	10	16,3

Jika ditarik hasil dari table di atas didapatkan grafik sebagai berikut.



Gambar 4. 24 Grafik Pembangkitan yang berasal dari Kamera 6

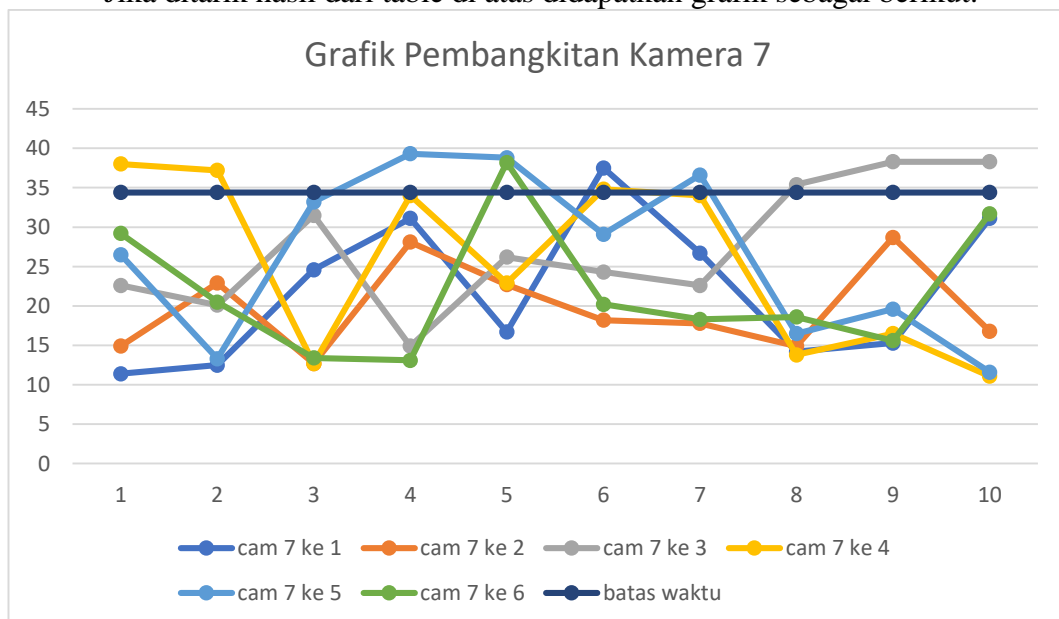
7. Data Pembangkitan yang berasal dari kamera 7

Tabel 4. 14 Tabel Pembangkitan yang berasal dari Kamera 7

No	Perpindahan Camera		Percobaan	Waktu Pembangkitan (Milisecond)
	From	To		
1	Cam7	Cam1	1	11,4
2	Cam7	Cam1	2	12,5
3	Cam7	Cam1	3	24,6
4	Cam7	Cam1	4	31,1
5	Cam7	Cam1	5	16,7
6	Cam7	Cam1	6	37,5
7	Cam7	Cam1	7	26,7
8	Cam7	Cam1	8	14,2
9	Cam7	Cam1	9	15,3
10	Cam7	Cam1	10	31,1
11	Cam7	Cam2	1	14,9
12	Cam7	Cam2	2	22,9
13	Cam7	Cam2	3	12,7
14	Cam7	Cam2	4	28,1
15	Cam7	Cam2	5	22,7
16	Cam7	Cam2	6	18,2
17	Cam7	Cam2	7	17,8
18	Cam7	Cam2	8	14,9
19	Cam7	Cam2	9	28,7
20	Cam7	Cam2	10	16,8
21	Cam7	Cam3	1	22,6
22	Cam7	Cam3	2	20,1
23	Cam7	Cam3	3	31,5
24	Cam7	Cam3	4	14,9
25	Cam7	Cam3	5	26,2
26	Cam7	Cam3	6	24,3
27	Cam7	Cam3	7	22,6
28	Cam7	Cam3	8	35,4
29	Cam7	Cam3	9	38,3
30	Cam7	Cam3	10	38,3
31	Cam7	Cam4	1	38,0
32	Cam7	Cam4	2	37,2
33	Cam7	Cam4	3	12,7
34	Cam7	Cam4	4	34,0
35	Cam7	Cam4	5	22,9
36	Cam7	Cam4	6	34,8

37	Cam7	Cam4	7	34,0
38	Cam7	Cam4	8	13,8
39	Cam7	Cam4	9	16,5
40	Cam7	Cam4	10	11,1
41	Cam7	Cam5	1	26,5
42	Cam7	Cam5	2	13,3
43	Cam7	Cam5	3	33,2
44	Cam7	Cam5	4	39,3
45	Cam7	Cam5	5	38,8
46	Cam7	Cam5	6	29,1
47	Cam7	Cam5	7	36,6
48	Cam7	Cam5	8	16,5
49	Cam7	Cam5	9	19,6
50	Cam7	Cam6	10	11,6
51	Cam7	Cam6	1	29,2
52	Cam7	Cam6	2	20,5
53	Cam7	Cam6	3	13,4
54	Cam7	Cam6	4	13,1
55	Cam7	Cam6	5	38,2
56	Cam7	Cam6	6	20,2
57	Cam7	Cam6	7	18,3
58	Cam7	Cam6	8	18,6
59	Cam7	Cam6	9	15,6
60	Cam7	Cam6	10	31,7

Jika ditarik hasil dari table di atas didapatkan grafik sebagai berikut.



Gambar 4. 25 Grafik Pembangkitan yang berasal dari Kamera 7

Rumus perhitungan kinerja SVC dalam membangkitkan kontrol kamera virtual pada permainan adalah sebagai berikut.

$$(\text{Jumlah Shot sesuai waktu} / \text{Jumlah shot}) \times 100 \% = \text{Persentase efisiensi}$$

Pada penelitian ini waktu maksimal pembangkitan terbukti kurang dari batas waktu tersingkat yang dipacu dari penelitian sebelumnya yakni 34,4 milisecond. Tabel perbandingan hasil penelitian terkait adalah sebagai berikut.

Tabel 4. 15 Data Perbandingan keefektifitasan Penelitian Terkait

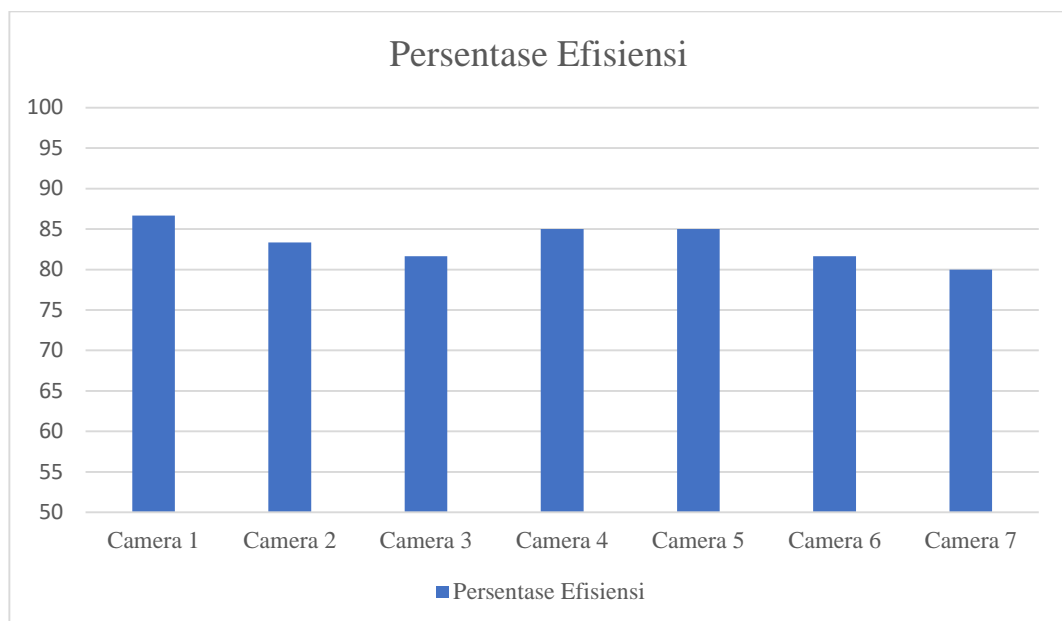
No	Penelitian	Aurthor	Tahun	Batas Waktu Pembangkitan	
				Min	Max
1	<i>Smart Virtual Camera</i> untuk Mendukung Produksi Film Animasi Berbasis Game	Ahmad Zainul Fanani	2018	0 milisecond	34,4 Milisecond
2	Efficient composition for virtual camera control	Lino C and Christie	2012	0 milisecond	65,3 Milisecond
3	Automatic Cinematography and Editing in Virtual <i>Environmens</i>	Galvane, Quentine.	2015	0 milisecond	46,8 Milisecond
4	Sutradara Otonom pada Penempatan Kamera Virtual Berbasis <i>Constraint Optimization</i>	Hazmie Asyiq El Haq	2021	0 milisecond	31,5 milisecond

Jumlah shot sesuai waktu didapatkan dengan menghitung jumlah shot yang kurang atau sama dengan batas maksimal waktu pembangkitan, yaitu 31,5 milisecond, dan system di anggap berjalan secara efisien jika persentase waktu

pembangkitan mencapai angka 80%. Untuk hasil perhitungan efisiensi, dapat dilihat pada table berikut.

Tabel 4. 16 Data Total Efisiensi

No	Percobaan	Jumlah Shot Sesuai Waktu	Jumlah shot	Persentase Efisiensi
1	Kamera 1	52	60	86,66
2	Kamera 2	50	60	83,33
3	Kamera 3	49	60	81,66
4	Kamera 4	51	60	85
5	Kamera 5	51	60	85
6	Kamera 6	49	60	81,66
7	Kamera 7	48	60	80
Total Efisiensi				83,33



Gambar 4. 26 Grafik Persentase Efisiensi Waktu Pembangkitan Kamera

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa, 83,33% shot yang dihasilkan dari pengujian tersebut dapat dibangkitkan dengan waktu pencarian (pembangkitan kontrol kamera virtual) kurang dari batas waktu maksimal yang ditentukan, yaitu kurang dari 34,4 milisecond.

4.4 Integrasi Islam

Ilmu pengetahuan dan teknologi semakin berkembang seiring dengan perkembangan dan tuntutan zaman. Dalam proses belajar mengajar upaya pembaharuan dan inovasi sangat dibutuhkan untuk mendukung keefektifan dalam penyampaian informasi. Oleh karena itu pemanfaatan teknologi harus terus disesuaikan. Pemanfaatan teknologi pada media pembelajaran sudah ada sejak jaman Rosulullah SAW. Beliau dalam mengajarkan ilmu pengetahuan kepada sahabat-sahabatn ya tidak lepas dari adanya media sebagai sarana penyampaian materi ajaran agama Islam.

Penggunaan teknologi termasuk dalam komunikasi pembelajaran sudah ada pada jaman Nabi Sulaiman. Hal ini diungkapkan dalam surah An-Naml (27) 28 – 30, yaitu tentang cerita Nabi Sulaiman dan Ratu Balqis:

أَذْهَبَ بِكِتَابِي هَذَا فَأَلْقَاهُ إِلَيْهِمْ ثُمَّ تَوَلَّى عَنْهُمْ فَانظُرْ مَاذَا يَرْجِعُونَ (٢٨)

قَالَتْ يَا أَيُّهَا الْمَلَأُ أِتَىٰ إِلَيَّ كِتَابٌ كَرِيمٌ (٢٩)

إِنَّهُ مِن سُلَيْمَانَ وَإِنَّهُ بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ (٣٠)

Artinya:

Pergilah dengan (membawa) suratku ini, lalu jatuhkanlah kepada mereka, kemudian berpalinglah dari mereka, lalu perhatikanlah apa yang mereka bicarakan.” (QS. An-Naml: 28). Dia (Balqis) berkata, “Wahai para pembesar! Sesungguhnya telah disampaikan kepadaku sebuah surat yang mulia.” (QS. An-Naml: 29). Sesungguhnya (surat) itu dari Sulaiman yang isinya, “Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih, Maha Penyayang, (QS. An-Naml: 30)

Disampaikan dari Tafsir Al-Muyassar terbitan Kementerian Agama Saudi Arabia sebagaimana, Sulaiman berkata kepada hud-hud, “Kami akan analisa berita yang kamu bawa kepada kami, apakah kamu berkata jujur dalam perkara itu

ataukah kamu termasuk orang-orang yang berdusta padanya. Pergilah dengan membawa suratku ini kepada penduduk negeri Saba' itu, dan berikan surat itu kepada mereka, lalu menyingkirlah kamu dengan jarak yang masih dekat dari mereka di mana kamu tetap bisa mendengar perkataan mereka. Lalu perhatikanlah perbincangan yang terjadi diantara mereka

Media pembelajaran menggunakan audio visual juga telah diterapkan terdahulu. Hal ini diungkapkan dalam surah Al-Baqarah (2) 31 yang berbunyi:

وَعَلَّمَ آدَمَ الْأَسْمَاءَ كُلَّهَا ثُمَّ عَرَضَهُمْ عَلَى الْمَلَائِكَةِ فَقَالَ أَنْبِئُونِي بِأَسْمَاءِ هَؤُلَاءِ إِنْ كُنْتُمْ صَادِقِينَ (٣١)

Artinya:

“Dan Dia ajarkan kepada Adam nama-nama (benda) semuanya, kemudian Dia perlihatkan kepada para malaikat, seraya berfirman, “Sebutkan kepada-Ku nama semua (benda) ini, jika kamu yang benar!”

Imam Ibnu Katsir dalam karyanya, Tafsirul Qur'anil Azhim, menjelaskan bahwa Surat Al-Baqarah ayat 31 merupakan sebuah petunjuk di mana Allah menyebutkan kemuliaan bangsa Adam dibandingkan jenis malaikat atas keistimewaan pengetahuan nama-nama segala benda yang tidak diketahui oleh bangsa lainnya. Peristiwa ini, kata Imam Ibnu Katsir, terjadi setelah malaikat sujud kepada Adam Alaihis Salam. Oleh karena itu, Allah menerangkan hal ini untuk menjelaskan kepada malaikat terkait kelebihan Adam Alaihis Salam atas ilmu yang dianugerahkan.

Penggunaan media pembelajaran terdahulu juga dituangkan dalam hadits yang digunakan untuk menandakan adanya penggunaan media visual dalam pembelajaran salah satunya yakni dengan kerikil.

حَدَّثَنَا مُحَمَّدُ بْنُ إِسْمَاعِيلَ، وَأَخْبَرَنَا خَلَادُ بْنُ يَحْيَى حَدَّثَنَا بِشِيرُ بْنُ الْمُهَاجِرِ أَخْبَرَنَا عَبْدُ اللَّهِ بْنُ بُرَيْدَةَ عَنْ أَبِيهِ. قَالَ: قَالَ النَّبِيُّ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ: "هَلْ تَدْرُونَ مَا مَثَلُ هَذِهِ وَ هَذِهِ؟ وَرَمَى بِحَصَاتَيْنِ قَالُوا اللَّهُ وَرَسُولُهُ أَعْلَمُ. قَالَ هَذَاكَ الْأَمَلُ وَهَذَاكَ الْأَجَلُ". قَالَ أَبُو عِيسَى هَذَا حَدِيثٌ حَسَنٌ غَرِيبٌ مِنْ هَذَا الْوَجْهِ. (سنن الترمذي)

Artinya:

“Telah menceritakan kepada kami Muhammad bin Isma’il, dan telah memberi kabar kepada kami Kholad bin Yahya, telah menceritakan kepada kami Basyir ibn al-Muhajir, telah memberi kabar kepadaku Abdullah bin Buraidah dari ayahnya, beliau berkata: “Rasulullah Shalallaahu Alaihi Wassalaam bertanya kepada para shahabat, Tahukah kalian semua, apakah sesuatu ini? Rasulullah Shalallaahu Alaihi Wassalaam sambil melemparkan dua krikil, para shahabat menjawab, Allah dan Rasul-Nya lah yang lebih tahu, kemudian Rasulullah Shalallaahu Alaihi Wassalaam bersabda Sesuatu ini adalah angan-angan dan ini adalah ajal”. Abu ‘Isa berkata: Ini hadits hasan yang nampak asing. (HR. At-Tirmidzi).”

Dari penjelasan hadist diatas, hal ini berarti Rasulullah Shalallaahu Alaihi Wassalaam menggunakan berbagai untuk memberi gambaran perumpamaan dan mempermudah dalam menyampaikan isi materi yang diajarkannya. Jika kita korelasikan dengan dunia pendidikan, hadits-hadits tersebut berkaitan dengan salah satu komponen dalam dunia pendidikan yakni media pembelajaran. Dari uraian di atas, dijelaskan bahwa media visual telah digunakan pada pelaksanaan pembelajaran dalam Islam. Selanjutnya pada era modern sekarang media visual ini dapat dikembangkan menjadi berbagai bentuk seperti video, animasi, *game*, dan lain sebagainya.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan SVC (*Smart Virtual Camera*) untuk mendukung produksi animasi berbasis permainan 3D. pendekatan *constrained-optimization* digunakan untuk pengembangan SVC. Metode berbasis aturan digunakan untuk pengembangan sistem kamera virtual otomatis. Optimalisasi constraint digunakan dengan menggunakan referensi sesuai dengan Database komponen shot yang meliputi pergerakan, aksi, dan lingkungan. Pembangkitan kontrol kamera virtual otomatis digunakan dengan metode runut maju, yaitu dengan mendefinisikan kombinasi komponen shot, paket penempatan dan paket pergerakan, secara berurutan untuk menentukan posisi dan rotasi kamera dalam menghasilkan *shot* yang ideal.

Evaluasi dilakukan untuk mengukur nilai fungsionalitas dan juga efisiensi pembangkitan kamera virtual otomatis.

1. Uji fungsionalitas bertujuan untuk mengetahui apakah Sistem kamera virtual otomatis dengan pendekatan *constraint optimization* berjalan sesuai fungsi atau tidak. Hasil pengujian tersebut dari 70 kali pengujian, hasilnya adalah 100% sesuai dengan fungsi yang di implementasikan. Hal ini menjukan bahwa sistem berjalan dengan sangat baik.
2. Uji Efisiensi bertujuan untuk mengetahui apakah system kamera virtual otomatis dengan pendekatan *constraint optimization* berjalan dengan proses waktu yang efisien, untuk pengujian ini dilakukan percobaan melakukan pembangkitan kamera virtual untuk mendapatkan lama waktu proses dan nilai

tersebut dibandingkan dengan batas waktu pembangkitan dari penelitian lainnya yaitu 34,4 milisecond. Hasil dari pengujian ini adalah, dari 420 kali percobaan pembangkitan kamera virtual, didapatkan 83,33% shot dengan waktu pencarian kurang dari batas waktu maksimal. Hal ini menunjukan sistem kamera virtual otomatis pada penelitian ini berjalan dengan efisien.

5.2 Saran

Pembuatan Animasi berbasis permainan 3D pada penelitian ini tidak bisa dikatakan sempurna. Banyak kekurangan yang harus diperbaiki sebagai pengembangan untuk penelitian selanjutnya. Oleh karena itu peneliti menyarankan beberapa hal untuk pengembangan selanjutnya antara lain :

1. Mengembangkan game ini dengan lebih menarik seperti menambahkan environment yang kurang lengkap, memperbaiki texture *Player*, bangunan, dll.
2. Menambah Peta baru yang belum ada di penelitian ini seperti Corridor Rumah sakit, Pantai, Perkebunan, dll.

Menambah karakter lain seperti Perawat, *Influencer*, *Costumer Services*, dll.

DAFTAR PUSTAKA

- Brown, B. (2012). Cinematography Theory and Practice Imagemaking for Cinematographers & Directors. In *British Library*.
- Burelli, P., & Yannakakis, G. N. (2015). Adapting virtual camera behaviour through *Player* modelling. *User Modeling and User-Adapted Interaction*. <https://doi.org/10.1007/s11257-015-9156-4>
- Depdiknas. (2003). Undang-undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003 tentang SISDIKNAS dan Peraturan Pemerintah RI Tahun 2015 tentang Standar Nasional Pendidikan dan Wajib Belajar. *Citra Umbara*.
- Fadya, M., & Sari, I. P. (2018). Modelling 3D dan Animating Karakter pada Game Edukasi “World War D” Berbasis Android. *MULTINETICS*. <https://doi.org/10.32722/multinetics.vol4.no.2.2018.pp.43-48>
- Farhany, N. M., Andryana, S., & Komalasari, R. T. (2019). Aplikasi Augmented Reality Sebagai Media Informasi Museum Fatahillah Dan Museum Wayang Menggunakan Metode Markerless. *Jurnal ELTIKOM*. <https://doi.org/10.31961/eltikom.v3i2.140>
- Fathurohman, I., Nurcahyo, A. D., & Rondli, W. S. (2015). FILM ANIMASI SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN TERPADU UNTUK MEMACU KEAKSARAAN MULTIBAHASA PADA SISWA SEKOLAH DASAR. *REFLEKSI EDUKATIKA*. <https://doi.org/10.24176/re.v5i1.430>
- Ferry, D., Jepriadi, & Kamil, D. (2019). Peningkatan Hasil Belajar Biologi Siswa Melalui Penerapan Media Video Animasi Tiga Dimensi (3D). *Pedagogi Hayati*. <https://doi.org/10.31629/ph.v3i2.1641>
- Galvane, Q., Christie, M., Lino, C., & Ronfard, R. (2015). Camera-on-rails: Automated computation of constrained camera paths. *Proceedings of the 8th ACM SIGGRAPH Conference on Motion in Games, MIG 2015*. <https://doi.org/10.1145/2822013.2822025>
- Hasanah, U., & Nulhakim, L. (2015). PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN FILM ANIMASI SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN KONSEP FOTOSINTESIS. *Jurnal Penelitian Dan Pembelajaran IPA*. <https://doi.org/10.30870/jppi.v1i1.283>

- Hosohe, H., Miyashita, K., Takahashi, S., Matsuoka, S., & Yonezawa, A. (1994). Locally simultaneous constraint satisfaction. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 874 LNCS. https://doi.org/10.1007/3-540-58601-6_89
- Junaedi, H., Hariadi, M., & Purnama, I. K. E. (2018a). Penerapan Sinematografi Dalam Penempatan Posisi Kamera Dengan Menggunakan Logika Fuzzy. *Khazanah Informatika: Jurnal Ilmu Komputer Dan Informatika*. <https://doi.org/10.23917/khif.v4i2.7028>
- Junaedi, H., Hariadi, M., & Purnama, I. K. E. (2018b). Profiling Gaya Sutradara Berdasarkan Penempatan Posisi Kamera dengan Fuzzy Logic. *Jurnal Edukasi Dan Penelitian Informatika (JEPIN)*, 4(2). <https://doi.org/10.26418/jp.v4i2.28993>
- Junaedi, H., Pranata, J., Hariadi, M., & Purnama, I. K. E. (2018). Penempatan Posisi Multi Kamera Berdasarkan Gaya Sutradara Berbasis Logika Fuzzy. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*. <https://doi.org/10.25126/jtiik.2018561117>
- Lino, C., & Christie, M. (2012). Efficient composition for virtual camera control. *Computer Animation 2012 - ACM SIGGRAPH / Eurographics Symposium Proceedings, SCA 2012*.
- Mahendra, R., Trisnadoli, A., & Nugroho, E. S. (2018). Implementasi Teknik Sinematografi dalam Pembuatan Film Animasi 3D Cerita Rakyat “Batu Belah Batu Betangkap.” *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem Dan Teknologi Informasi)*. <https://doi.org/10.29207/resti.v2i2.483>
- Okutmuş, E., Kahveci, A., & Kartašova, J. (2015). Using theory of constraints for reaching optimal product mix: An application in the furniture sector. *Intellectual Economics*. <https://doi.org/10.1016/j.intele.2016.02.005>
- Orvilla, S., & Santoso, F. (2018). Perancangan Visual Environment Bertemakan Kampung Warna - Warni di Indonesia dalam Film Pendek Animasi “Corazón.” *Jurnal Desain*. <https://doi.org/10.30998/jurnaldesain.v5i02.2164>
- Ruttkay, Z. (2001). Constraint-based facial animation. *Constraints*, 6(1). <https://doi.org/10.1023/A:1009853410360>
- Şimşit, Z. T., Günay, N. S., & Vayvay, Ö. (2014). Theory of Constraints: A Literature Review. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.09.104>

- Su, S., Xiao, R., Jiang, Z., & Zhang, Y. (2012). Characterizing landscape pattern and ecosystem service value changes for urbanization impacts at an eco-regional scale. *Applied Geography*.
<https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2011.12.001>
- Sumiharsono, R., & Hasanah, H. (2017). e-book Pengertian Media PEMBELAJARAN. In *Media Pembelajaran*.
- Syahfitri, Y. (2011). Teknik Film Animasi Dalam Dunia Komputer. *Jurnal SAINTIKOM*.
- Tafonao, T. (2018). PERANAN MEDIA PEMBELAJARAN DALAM MENINGKATKAN MINAT BELAJAR MAHASISWA. *Jurnal Komunikasi Pendidikan*. <https://doi.org/10.32585/jkp.v2i2.113>
- Utami, D. (2011). Efektifitas Animasi Dalam Pembelajaran. *Majalah Ilmiah Pembelajaran*.
- Yaumi, M. (2018). Media dan Teknologi Pembelajaran. In *Jakarta*.