

**PEMBUATAN *SHORT MOVIE* 2 DIMENSI BERBASIS 3D *OBJECT*
MENGUNAKAN *CEL-SHADING***

SKRIPSI

**Oleh :
NADILA SUGIANTI
NIM. 17650036**



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2023**

**PEMBUATAN *SHORT MOVIE* 2 DIMENSI BERBASIS 3D *OBJECT*
MENGUNAKAN *CEL-SHADING***

SKRIPSI

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

Oleh :
NADILA SUGIANTI
NIM. 17650036

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2023**

HALAMAN PERSETUJUAN

**PEMBUATAN *SHORT MOVIE* 2 DIMENSI BERBASIS 3D *OBJECT*
MENGUNAKAN *CEL-SHADING***

SKRIPSI

Oleh :
NADILA SUGIANTI
NIM. 17650036

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:
Tanggal: 16 November 2023

Pembimbing I,



Dr. Yunifa Miftachul Arif, M.T
NIP. 19830616 201101 1 004

Pembimbing II,



Dr. M. Imamuddin, Lc., MA
NIP. 19740602 200901 1 010

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang



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

HALAMAN PENGESAHAN

PEMBUATAN *SHORT MOVIE* 2 DIMENSI BERBASIS 3D OBJECT MENGUNAKAN *CEL-SHADING*

SKRIPSI

Oleh :
NADILA SUGIANTI
NIM. 17650036

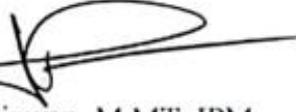
Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)
Tanggal: 28 Desember 2023

Susunan Dewan Penguji

Ketua Penguji	: <u>Dr. Fresy Nugroho, M.T</u> NIP. 19710722 201101 1 001	()
Anggota Penguji I	: <u>Roro Inda Melani., M.Sc</u> NIP. 19780925 200501 2 008	()
Anggota Penguji II	: <u>Dr. Yunifa Miftachul Arif, M.T</u> NIP. 19830616 201101 1 004	()
Anggota Penguji III	: <u>Dr. M. Imamuddin, Lc., MA</u> NIP. 19740602 200901 1 010	()

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




Kurniawan, M.MT, IPM
19771020 200912 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nadila Sugianti

NIM : 17650036

Fakultas / Prodi : Sains dan Teknologi / Teknik Informatika

Judul Skripsi : Pembuatan *Short Movie* 2 Dimensi Berbasis 3D *Object*
Menggunakan *Cel-Shading*.

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, 28 Desember 2023
Yang membuat pernyataan,



Nadila Sugianti
NIM.17650036

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Segala puji bagi Allah *subhanahu wa ta'ala* yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya serta shalawat beriring salam tak lupa dihanturkan kepada baginda Rasulullah *shalallahu'alaihi wa sallam* sehingga penulis mampu merampungkan penulisan skripsi yang berjudul “Sistem Prediksi Predikat Kelulusan Mahasiswa Menggunakan Metode Regresi Logistik Multinomial” sebagai salah satu syarat kelulusan untuk mendapatkan gelar sarjana pada Program Studi Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Skripsi ini tidak dapat terwujud tanpa adanya doa, bantuan, bimbingan dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih sedalam-dalamnya kepada:

1. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, MA, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Prof. Dr. Hj. Sri Harini, M. Si, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Fachrul Kurniawan, ST., M.MT., IPM selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. Yunifa Miftachul Arif, M. T selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak bersedia meluangkan waktunya dalam membimbing, memberi saran dan arahan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

5. Dr. M. Imamudin Lc, MA selaku Dosen Pembimbing II yang juga bersedia meluangkan waktunya dalam membimbing dan memberi arahan kepada penulis d. ix
6. Dr. Fresy Nugroho, M. T dan Roro Inda Melani, M.T, M.Sc, M.Kom selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan masukan membangun kepada penulis selama proses penyelesaian skripsi ini.
7. Seluruh Dosen dan Jajaran Staf Program Studi Teknik Informatika yang telah mengajarkan ilmu yang bermanfaat kepada penulis.
8. Orang tua penulis yang sabar dan senantiasa mendukung sehingga penulis mampu bertahan dan menyelesaikan skripsi ini.
9. Saudara kandung penulis yang menerima menjadi tempat curhat serta teman bertukar pikiran bagi penulis.
10. Teman-teman Teknik Informatika Angkatan 2017 UNOCORE yang telah memberikan banyak pengalaman, dukungan, dan bantuan berharga.

Penulis menyadari bahwa dalam pengerjaan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan sehingga penulis terbuka terhadap kritik dan saran yang membangun dari para pembaca. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat tidak hanya bagi penulis namun juga bagi para pembaca.

Wassalamu‘alaikum Warahmatullahi Wabarakatu

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
ABSTRAK	xiii
ABSTRACT.....	xiv
المخلص.....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Pernyataan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Batasan Masalah	5
1.5. Manfaat Penelitian	5
BAB II STUDI PUSTAKA	6
2.1. Penelitian Terkait	6
2.2. Landasan Teori.....	8
2.2.1. Animasi 3D	8
2.2.2. 3D Artist.....	9
2.2.3. Animasi 2D	9
2.2.4. Film.....	10
2.2.5. 2D vs. 3D	11
2.2.6. Cel-Shading.....	12
2.3. Teori Uji Coba	14
2.3.1. Desirability Testing.....	14
2.3.2. Percentage Formula.....	14
BAB III DESAIN DAN IMPLEMENTASI	16
3.1. Desain Sistem.....	16
3.1.1. <i>Storyboard</i>	18
3.1.2. <i>Modelling Character dan Environment</i>	19
3.1.3. <i>Texturing Character dan Environment</i>	23

3.1.4. <i>Rigging Character</i>	23
3.1.5. Pengembangan <i>Cel-shading</i>	24
3.1.6. <i>Animation</i>	32
3.1.7. <i>Compositing Scene</i>	33
3.1.8. <i>Rendering</i>	33
3.2. Rencana Uji Coba	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	40
4.1 Hasil Penelitian	40
4.1.1. <i>Modeling</i>	40
4.1.2. <i>Texturing</i>	44
4.1.3 Cel-Shading Development	46
4.1.4. <i>Rigging</i>	78
4.1.5. <i>Animation</i>	79
4.2. Pembahasan.....	81
4.3. Integrasi Islam.....	92
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	97
5.1. Kesimpulan	97
5.2. Saran	98
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Kata positif, negatif, dan netral.....	34
Tabel 3. 2 Rentang usia responden	35
Tabel 4. 1 Perbandingan penerapan <i>texture</i> pada <i>asset</i> objek 3D	45
Tabel 4. 1 Perbandingan hasil render <i>eevee</i> dan <i>cycles</i>	71
Tabel 4. 3 Hasil pengujian <i>desirability testing</i>	78
Tabel 4. 4 Hasil pengujian <i>desirability testing</i> rentang usia 18-25.....	79
Tabel 4. 5 Hasil pengujian <i>desirability testing</i> rentang usia 36 ke atas	82
Tabel 4. 6 Hasil pengujian <i>desirability testing</i> usia 12-17	83
Tabel 4. 7 Hasil pengujian <i>desirability testing</i> rentang usia 26-35.....	84
Tabel 4. 8 Perbandingan waktu <i>render cel-shader</i> dan <i>default shader</i>	87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> alur produksi pembuatan film animasi	17
Gambar 3. 2 <i>Storyboard</i> 1	19
Gambar 3. 3 <i>Storyboard</i> 2	19
Gambar 3. 4 <i>Storyboard</i> 3.....	19
Gambar 3. 5 <i>Flowchart Modular Modeling</i>	21
Gambar 3. 6 Desain konsep karakter	22
Gambar 3. 7.a Model Karakter <i>Back View</i>	22
Gambar 3. 7.b Model Karakter	22
Gambar 3. 8.a Objek 3D <i>Cel-shaded</i>	25
Gambar 3. 8.b Objek 3D normal.....	25
Gambar 3. 9.a <i>Outlines</i> 1	27
Gambar 3. 9.b <i>Outlines</i> 2	27
Gambar 3. 10 Diskritasi Pencahayaan	27
Gambar 3. 11 Gradasi Warna.....	28
Gambar 3. 12 Gradasi Warna dari Setiap Sudut	28
Gambar 3. 13 <i>Flowchart</i> Penerapan Dasar <i>Cel-Shader</i>	29
Gambar 3. 14 Tekstur 1	31
Gambar 3. 15 Tekstur 2	31
Gambar 3. 16 <i>Frame</i> 1 yang ditunjukkan kepada responden	36
Gambar 3. 17 <i>Frame</i> 2 yang ditunjukkan kepada responden	36
Gambar 3. 18 <i>Frame</i> 3 yang ditunjukkan kepada responden	37
Gambar 4. 2 Modul Bangunan.....	41
Gambar 4. 3 Hasil Penggabungan Modul	42
Gambar 4. 4 <i>Asset</i> objek 3D pada <i>environment</i> 1	42
Gambar 4. 5 <i>Asset</i> objek 3D pada <i>environment</i> 2	43
Gambar 4. 6 <i>Asset</i> objek 3D pada <i>environment</i> 3	44
Gambar 4. 7 <i>Base Color</i>	44
Gambar 4. 8 <i>Normal Map</i>	44
Gambar 4. 9 <i>Height Map</i>	44
Gambar 4. 10.a <i>Default Shader</i>	46
Gambar 4. 10.b <i>Cel Shader</i>	46
Gambar 4. 11.a <i>Environment Default Shader</i>	47
Gambar 4. 11.a <i>Environment Default Shader</i>	48
Gambar 4. 12. <i>Shader Node Basic Cel-Shader</i>	49
Gambar 4. 13.a Objek 3D Bangunan <i>Default Shader</i>	52
Gambar 4. 13.b Objek 3D Bangunan <i>Cel Shader</i>	53
Gambar 4. 14. <i>Shader Node Material WoodTrim</i>	55
Gambar 4. 15.a Objek 3D Karakter <i>Default Shader</i>	58
Gambar 4. 15.b Objek 3D Karakter <i>Cel Shader</i>	59
Gambar 4. 16.a Objek 3D Karakter di <i>Environment Default Shader</i>	60
Gambar 4. 16.b Objek 3D Karakter di <i>Environment Cel Shader</i>	60
Gambar 4. 17 <i>Shader Node Material JacketInside</i> 1	61
Gambar 4. 18 <i>Shader Node Material JacketInside</i> 2.....	62

Gambar 4. 19.a Objek dengan Orientasi Normal <i>Default</i>	65
Gambar 4. 19.b Objek dengan Orientasi Normal Terbalik	65
Gambar 4. 20 Hasil Akhir <i>Outlines</i>	66
Gambar 4. 21.a <i>Outlines</i> dilihat dari sisi atas	67
Gambar 4. 21.b <i>Outlines</i> dilihat dari sisi bawah	67
Gambar 4. 21.c <i>Outlines</i> dilihat dari sisi depan	67
Gambar 4. 22.a Karakter Tanpa <i>Outlines</i>	68
Gambar 4. 22.b Karakter dengan <i>Outlines</i>	68
Gambar 4. 23.a Karakter di <i>Environment</i> Tanpa <i>Outlines</i>	69
Gambar 4. 23.b Karakter di <i>Environment</i> dengan <i>Outlines</i>	70
Gambar 4. 24.a Tahap Pengembangan <i>Cel Shader</i> 1.....	72
Gambar 4. 24.b Tahap Pengembangan <i>Cel Shader</i> 2	72
Gambar 4. 24.c Tahap Pengembangan <i>Cel Shader</i> 3.....	72
Gambar 4. 24.d Tahap Pengembangan <i>Cel Shader</i> 4	73
Gambar 4. 24.e Tahap Pengembangan <i>Cel Shader</i> 5.....	73
Gambar 4. 24.f.Tahap Pengembangan <i>Cel Shader</i> 6	73
Gambar 4. 25 <i>Rig</i> Karakter	75
Gambar 4. 26.a Pose Dasar Animasi Lari 1	76
Gambar 4. 26.b Pose Dasar Animasi Lari 2.....	76
Gambar 4. 26.c Pose Dasar Animasi Lari 3	76
Gambar 4. 27 Rumput dengan Efek Angin.....	77
Gambar 4. 28 <i>Pie chart</i> Pembagian Rentang Usia Responden.....	78
Gambar 4. 29 Perbandingan hasil uji coba <i>desirability testing</i>	86

ABSTRAK

Sugianti, Nadila. 2023. **PEMBUATAN *SHORT MOVIE* 2 DIMENSI BERBASIS 3D *OBJECT* MENGGUNAKAN *CEL-SHADING***. Skripsi. Program Studi Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Dr. Yunifa Miftachul Arif. M. T (II) Dr. M. Imamudin Lc, MA.

Kata kunci: *Cel-Shading, Toon, Shader Program, Animasi*

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi pembuatan *short movie* menggunakan objek 3D dengan penerapan teknik *cel-shading* guna mencapai efek visual yang mirip dengan gambar 2 dimensi yang menarik. *Cel-shading* merupakan teknik rendering dalam grafika komputer yang bertujuan memberikan tampilan objek 3D seakan-akan merupakan gambar 2 dimensi seperti komik atau kartun. Tiga permasalahan utama diteliti: pertama, mengidentifikasi parameter esensial dalam menciptakan animasi 2D berbasis objek 3D menggunakan metode *cel-shading*; kedua, mengevaluasi sejauh mana *cel-shading* mampu menciptakan visual 3 dimensi yang menarik dan menyerupai gambar 2 dimensi; ketiga, membuktikan apakah penggunaan *cel-shading* dapat mempercepat proses pengembangan animasi. Pengujian untuk permasalahan pertama menggunakan metode uji *desirability testing*. Hasilnya menunjukkan bahwa dari 10 kata yang paling dipilih oleh responden, terdapat 7 kata yang dianggap positif terhadap hasil penelitian ini. Persentase responden yang memilih termasuk "*beautiful*" (77.7%), "*attractive*" (59.8%), "*stylized*" (41.1%), "*toon*" (39.3%), "*2D-like*" (38.4%), "*innovative*" (36.6%), dan "*painting*" (34.8%). Analisis parameter pengembangan animasi melibatkan beberapa tahapan seperti *storyboarding*, *modelling*, *texturing*, *cel-shading development*, *rigging*, *animating*, dan *compositing*. Penelitian ini menemukan metode seperti *modular modelling*, *rigify*, dan *12-principled of animation* untuk meningkatkan kualitas visual dan efisiensi pengembangan animasi. Pengembangan *cel-shading* memerlukan modifikasi parameter seperti diskritasi *lighting*, *normal object*, *outlines*, *shader programs*, dan *rendering technique*. Penggunaan *cel-shader* juga berhasil mempercepat proses render animasi hingga 97.21%. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi yang signifikan dalam pemahaman parameter *cel-shading* serta aplikasi potensialnya dalam menciptakan visual menarik dari objek 3 dimensi.

ABSTRACT

Sugianti, Nadila. 2023. **CREATING A 2D SHORT MOVIE BASED ON 3D OBJECTS USING CEL-SHADING**. Thesis. Department of Informatics Engineering, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University Malang. Supervisors: (I) Dr. Yunifa Miftachul Arif, M. T (II) Dr. M. Imamudin Lc, MA.

This research aims to explore the creation of a short movie using 3D objects employing the cel-shading technique to achieve visually appealing 2D-like effects. Cel-shading is a computer graphics rendering method aimed at providing 3D objects with an appearance akin to 2D images, resembling those found in comics or cartoons. Two main issues were investigated: firstly, identifying essential parameters in creating 2D animations based on 3D objects using the cel-shading method; secondly, evaluating to what extent cel-shading can produce attractive 3D visuals that resemble 2D images; comparing the animation development speed between default shader and cel-shader. Testing for the first issue utilized desirability testing. The results indicated that out of 10 words most selected by respondents, 7 were considered positive towards the research outcome. The respondent-selected percentages included "beautiful" (77.7%), "attractive" (59.8%), "stylized" (41.1%), "toon" (39.3%), "2D-like" (38.4%), "innovative" (36.6%), and "painting" (34.8%). Analysis of animation development parameters involved several stages such as storyboarding, modelling, texturing, cel-shading development, rigging, animating, and compositing. The research identified methods like modular modelling, rigify, and the 12-principled approach to animation to enhance visual quality and animation development efficiency. Cel-shading development required parameter modifications such as lighting discretization, normal object, outlines, shader programs, and rendering technique. The use of cel-shader also significantly accelerated the animation rendering process by 97.21%. This study is expected to make a significant contribution to understanding cel-shading parameters and their potential applications in creating visually appealing content from 3D objects.

Key Words: *Cel-Shading, Toon, Shader Program, Animation*

المخلص

تظليل كرتوني. البحث الجامعي. قسم الهندسة المعلوماتية، كلية العلوم والتكنولوجيا بجامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف الأول: د. يونيفة مفتاح العارف. الماجستير. المشرف الثاني: د. محمد إمام الدين، الماجستير.

الكلمات الرئيسية: تظليل كرتوني، منغمة، تطبيق تظليل، رسوم متحركة

يهدف هذا البحث إلى استكشاف صناعة أفلام قصيرة باستخدام النماذج الثلاثية البعد مع تطبيق تقنيات تظليل كرتوني لتحقيق تأثيرات بصرية مشابهة للصور بثاني الأبعاد الجذابة. تظليل كرتوني هو تقنية تصوير في رسومات الكمبيوتر تهدف إلى توفير مظهر النماذج الثلاثية البعد كما لو كانت صور بثنائية الأبعاد مثل كاريكاتير أو الرسوم المتحركة. تم فحص ثلاث مشاكل رئيسية: أولاً، تحديد المعلومات الأساسية في إنشاء الرسوم المتحركة للصور بثنائية الأبعاد القائمة على النماذج الثلاثية البعد باستخدام طريقة تظليل كرتوني. ثانياً، تقييم مدى قدرة تظليل كرتوني على إنشاء صور جذابة ثلاثية الأبعاد تشبه صور بثنائية الأبعاد. ثالثاً، إثبات استخدام تظليل كرتوني يمكن أن يسرع عملية تطوير الرسوم المتحركة. يستخدم اختبار المشكلة الأولى طريقة اختبار الرغبة وطريقة التفاضلي الدلالي المكونة من 7 نقاط. أظهرت النتائج أن من بين أكثر 10 كلمات اختارها المستجيبون، هناك 7 كلمات اعتبرت إيجابية لنتائج هذا البحث. وشملت نسبة المحييين الذين اختاروا "جميلة" (77.7%)، و"جذابة" (59.8%)، و"منمقة" (41.1%)، و"منغمة" (39.3%)، و"أحب ثنائية الأبعاد" (38.4%)، و"مبتكرة" (36.6%)، و"ملونة" (34.8%). تم استخدام طريقة التفاضل الدلالي المكونة من 7 نقاط لتقييم آراء المستجيبين حول التحفيز. أعطى ما يصل إلى 69.1% من 110 مستجيباً أعلى تصنيف (مقياس 7) لنتائج هذا البحث. يتضمن تحليل معلومات تطوير الرسوم المتحركة عدة مراحل مثل القصة المصورة، والنمذجة، والتركيب، وتطوير تظليل كرتوني، والتزوير، والرسوم المتحركة، والتركيب الداني. وجد هذا البحث طرقاً مثل النمذجة المعيارية، والتزوير، و 12 مبدأ للرسوم المتحركة لتحسين الجودة المرئية وكفاءة تطوير الرسوم المتحركة. يتطلب تطوير تظليل كرتوني تعديل المعلومات مثل الإضاءة المنزعجة والكائن العادي والخطوط العريضة وبرامج التظليل وتقنية العرض. تمكن استخدام تظليل كرتوني أيضاً من تسريع عملية عرض الرسوم المتحركة بنسبة تصل إلى 97.21%. من المتوقع أن يقدم هذا البحث مساهمة كبيرة في فهم معلومات تظليل كرتوني بالإضافة إلى تطبيقاتها المحتملة في إنشاء النماذج الثلاثية البعد الجذابة بصرياً.

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Film animasi merupakan salah satu media hiburan yang sering dinikmati oleh banyak orang. Manfaat dari adanya film animasi dapat dirasakan oleh banyak bidang seperti bidang perfilman, iklan, *design*, hingga pendidikan. Dalam Islam sendiri, sudah banyak orang-orang yang mencoba memanfaatkan media animasi. Contoh seperti pada film animasi dengan judul *Nussa*. *Nussa* adalah sebuah serial animasi Indonesia yang diproduksi oleh studio animasi *The Little Giantz* dan *4Stripe Productions* yang ceritanya berfokus pada ilmu keislaman.

Film animasi tidak hanya dapat dijadikan sebuah hiburan namun juga dapat dimanfaatkan untuk mengisi waktu senggang sambil tetap menambah ilmu keislaman. Sesuai dengan sabda Nabi Muhammad SAW yang berbunyi :

نِعْمَتَانِ مَغْبُورٌ فِيهِمَا كَثِيرٌ مِنَ النَّاسِ ، الصِّحَّةُ وَالْفَرَاغُ

“Ada dua kenikmatan yang banyak manusia tertipu, yaitu nikmat sehat dan waktu senggang”. (HR. Bukhari no. 6412, dari Ibnu ‘Abbas). Waktu senggang adalah di antara nikmat yang banyak dilalaikan”

Seiring berjalannya waktu, teknologi komputer semakin berkembang pesat dan terus menciptakan inovasi terbaru dalam pengembangan sebuah karya, salah satunya adalah karya yang diproduksi dalam industri kreatif. Teknologi komputer mengambil peran besar di setiap langkah proses pengembangan industri kreatif mulai dari perancangan konsep atau ide hingga proses produksi itu sendiri. Perkembangan inovasi ini tentunya tidak lepas dari industri perfilmannya khususnya

pada dunia animasi yang juga terus mengalami peningkatan baik secara proses maupun visual. Seiring tahun, perkembangan teknologi mendukung adanya inovasi-inovasi baru terkait *artstyle* dan *workflow* dalam dunia animasi 2D maupun 3D. Hal ini dapat dilihat dari banyaknya film dan seri animasi yang terlihat unik dan tipikal sehingga relatif lebih menonjol dibandingkan pesaingnya. Salah contoh yang paling terkenal adalah *Spider-Man: Into the Spider-Verse* (2018) yang merupakan film buatan marvel. Direktur film animasi tersebut mengambil elemen 2D dan 3D untuk mencapai estetik visual yang berbeda dan mencoba menyerupai *artstyle* pada buku komik mereka. Selain itu terdapat juga salah satu animasi yang lebih terkenal di industri anime yaitu *Land of the Lustrous* (2017). Direktur seri anime tersebut memanfaatkan 3D secara mayor dalam pengembangan serinya untuk mencapai visual 2D dengan estetik berbeda dibandingkan anime 2D pada umumnya.

Kedua contoh produksi film dan seri animasi yang telah disebutkan tadi memiliki suatu kesamaan dalam mencapai visualnya yaitu dengan menggunakan *cel-shading*. *Cel shading* adalah jenis *non-photorealistic rendering* yang dirancang untuk membuat grafik komputer 3D tampak datar dengan mengurangi penggunaan warna *shading* dan warna gradasi/*tint* (Wang et.al., 2013). Jika diterapkan dengan baik, penggunaan *cel-shading* dapat menghasilkan visual 2D yang unik dengan tetap mengambil manfaat dan kelebihan dari animasi 3D. Salah satu kelebihan yang sangat menguntungkan dalam animasi 3D ialah kebebasan dalam membuat pergerakan kamera yang lebih dinamis. Mengetahui hal tersebut dapat dicapai dengan menggerakkan kamera secara leluasa dalam animasi 3D dibandingkan

menggambar frame aksi satu persatu di animasi 2D. Selain menghasilkan gambar, *shade*, dan bayangan yang menarik, *cel-shading* juga memberikan isyarat visual penting tentang *depth*, bentuk, gerakan, dan pencahayaan pada *scene* animasi.

Berdasarkan uraian di atas penulis tertarik untuk membuat sebuah animasi berbasis objek 3D dengan visual yang menyerupai 2D. Pembuatan animasi ini akan mengarah kepada penggunaan dan pemanfaatan *cel-shading* dalam dunia 3D. Animasi yang akan dikembangkan memiliki judul *After the Rain* di mana animasi tersebut bercerita tentang seorang karakter yang baru saja kembali ke kampung halamannya setelah mengungsi dari bencana hujan yang sangat lama.

1.2. Pernyataan Masalah

1. Bagaimana penggunaan *cel-shading* dapat menghasilkan visual 3 Dimensi yang menarik dan menyerupai visual 2 Dimensi?
2. Parameter apa saja yang dibutuhkan dalam mengembangkan animasi 2 Dimensi berbasis 3 Dimensi?
3. Apakah penggunaan *cel-shading* dapat mempercepat proses pengembangan animasi?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Meneliti bagaimana penggunaan *cel-shading* dapat menghasilkan visual 3 Dimensi yang menarik dan menyerupai visual 2 Dimensi.
2. Menganalisa parameter yang digunakan dalam mengembangkan animasi 2 Dimensi berbasis 3 Dimensi.

3. Membandingkan kecepatan *render* menggunakan *default shader* dan *cel-shading*.

1.4. Batasan Masalah

1. Pengujian dilakukan dengan membandingkan pembuatan animasi menggunakan *cel-shading* secara 3 Dimensi dan pembuatan animasi secara 2 Dimensi.
2. Pengujian animasi hanya menggunakan beberapa sampel *frame* dari keseluruhan animasi
3. *Cel-shading* hanya digunakan pada objek karakter 3 Dimensi.

1.5. Manfaat Penelitian

Bagi peneliti :

1. Memberikan pandangan lebih lanjut terhadap *cel-shading* dalam pembuatan animasi 3 Dimensi.

Bagi animator :

1. Memberikan alternatif visual dalam pembuatan animasi.
2. Memberikan kemudahan dalam pembuatan animasi kamera yang lebih dinamis.

BAB II STUDI PUSTAKA

2.1. Penelitian Terkait

Penelitian mengenai *non-photorealistic rendering* dapat ditelusuri kembali sejauh tahun 1999, seperti dalam penelitian yang diajukan oleh Costa Sousa M. dan Buchanan J. W. yang berjudul “*Computer Generated Graphite Pencil Rendering of 3D Polygonal Models*”. Mereka mengusulkan sistem *rendering* dengan menggunakan *graphite pencil3D* yang didefinisikan ke dalam empat langkah. Langkah pertama yaitu proses mensimulasikan material gambar seperti efek grafit pada kertas. Kedua, mereka fokus pada pemodelan gambar yang primitif, seperti jenis goresan dan noda individu untuk menciptakan tekstur. Langkah ketiga adalah mensimulasikan teknik dasar yang digunakan oleh *artist* dan ilustrator untuk membuat karya seni dengan pensil dan akhirnya peneliti memodelkan mekanisme kontrol untuk komposisi akhir dari visual non-fotorealistik yang ingin dicapai. (Sousa & Buchanan, 1999)

Berikutnya Barla et.al., (2006) dalam penelitiannya yang berjudul “*Proceeding of the 4th International Symposium on Non-photorealistic Animation and Rendering*” mengembangkan teknik *cel-shading* berdasarkan tekstur 2 dimensi. Tekstur ini berisi informasi tentang informasi tradisional dari warna dan cahaya pada dimensi pertama dan detail *tone* pada dimensi kedua. Detail *tone* di sini tergantung pada kedalaman atau orientasi permukaan objek. Hasil dari penelitian ini adalah kemungkinan mensimulasikan efek-efek pada objek 3 dimensi seperti *level-of-abstraction*, *aerial perspective*, *depth-of-field*, *backlighting*, dan *specular*

highlight. Selain itu, peneliti juga menyajikan solusi untuk penyederhanaan *normal*, yaitu dengan cara menginterpolasikan bidang *normal* awal dengan yang dihasilkan oleh sebuah abstraksi dari bentuk awalnya.

Penelitian berikutnya oleh Lee et.al., (2007) mengembangkan algoritma berbasis GPU untuk merender model 3D sebagai *line drawing* dengan berdasarkan pemahaman bahwa, *line drawing* dapat dianggap sebagai abstraksi dari gambar yang diarsir. Ide dasarnya adalah dengan menggunakan batas *tone* yang diperoleh dengan *cel-shading* untuk menentukan di mana harus menggambar perbatasan antara garis *highlight* dan *shadow*. Garis yang dihasilkan oleh metode ini dapat mencakup siluet, lipatan atau kerutan, dan daerah melengkung.

Penelitian berikutnya oleh Whited et.al., (2012) yang berjudul “*Computer-assisted Animation of Line and Paint in Disney’s Paperman*”. Pada penelitian tersebut, peneliti berhasil mempresentasikan sebuah alat dengan judul “*Meander Animation Tool*”. Sistem ini dirancang untuk menggabungkan kelebihan-kelebihan dari animasi *computer graphic* seperti *temporal coherence*, *spatial stability*, dan *precise control* dengan keekspresifan dari animasi tradisional dan estetik yang berdasarkan garis. Kemampuan dari alat ini adalah kemungkinan bagi *artist* untuk menggambar menggunakan garis di atas render 3D yang nantinya akan secara otomatis dianimasikan agar sesuai dengan inisial animasi-nya. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan bidang vektor yang diturunkan dari animasi itu sendiri.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Animasi 3D

Animasi 3D telah digunakan secara luas dalam industri film, televisi, dan *video game* bahkan pada bagian integral dari industri lain yang mungkin pada awalnya tidak menganggap animasi 3D dapat berguna. Contohnya pada bidang kedokteran, arsitektur, hukum, hingga bidang forensik kini tidak jarang mengambil manfaat dari animasi 3D (Lam & Su, 2016).

Menurut Andy (2013) dalam bukunya yang berjudul “3D Animation Essentials”, animasi 3D termasuk ke dalam bidang grafik komputer 3D yang lebih besar. Animasi 3D adalah istilah umum yang digunakan untuk menggambarkan keseluruhan industri dalam memanfaatkan perangkat lunak dan perangkat keras komputer animasi 3D untuk berbagai jenis produksi. Animasi 3D digunakan di tiga industri utama yaitu pada bidang hiburan, ilmiah, dan lainnya. Masing-masing industri ini menggunakan animasi 3D dengan cara yang sangat berbeda, termasuk film, video, visualisasi, pembuatan prototipe, dan lain sebagainya. Hingga saat ini, cakupan animasi 3D masih berkembang di banyak bidang. (Beane, 2013)

Industri hiburan adalah yang paling dikenal luas dalam penggunaan animasi 3D. Industri ini mencakup bidang film, televisi, *video game*, dan periklanan yang masing-masing memiliki sub-bidang di dalamnya. Industri hiburan berdedikasi memanfaatkan animasi 3D untuk dijual sebagai hiburan kepada penonton (Yekti, 2015).

2.2.2. 3D Artist

3D artist adalah siapa saja yang bekerja dalam tahap produksi animasi 3D: *modeller, rigger, texturer, animator*, teknisi efek visual, *lighter*, dan *renderer*. Masing-masing nama pekerjaan ini termasuk ke dalam istilah *3D artist* sehingga setiap pekerjaan juga dapat merujuk secara lebih spesifik menjadi: *3D modeller, 3D texture artist, 3D lighter, 3D animator*, dan seterusnya (Beane, 2013).

2.2.3. Animasi 2D

Animasi 2D adalah seni dalam membuat objek yang bergerak di ruang dua dimensi. Objek-objek ini termasuk karakter, makhluk, *FX*, dan *background*. Ilusi gerakan tercipta ketika setiap gambar diurutkan secara bersama seiring waktu. Setiap satu detik biasanya terbagi ke dalam 24 *frame*. Tergantung pada gaya animasi yang ingin dibuat, dalam satu detik bisa terdiri dari sebanyak 24 *frame* atau bahkan hanya sebatas 2 *frame*. Pengurangan jumlah *frame* dalam animasi 2 dimensi biasa dilakukan untuk menghemat waktu atau biaya produksi namun tetap mempertahankan visual unik dari animasi 2 dimensi (Yajima et.al., 2018).

Animasi 2D seringkali disebut sebagai proses tradisional. Namun nyatanya, proses pembuatan animasi ini juga telah berkembang dari hanya menggambar menggunakan pensil dan kertas hingga melakukan penerapan teknik digital menggunakan perangkat lunak komputer seperti *Toon Boom Harmony* atau *Adobe After Effects* (Liu, 2016).

2.2.4. *Film*

Dua jenis film utama dibuat dalam dunia animasi 3D: film animasi penuh dan film efek visual. Dalam film animasi penuh, semua elemen visual pada layar dibuat dalam perangkat lunak animasi 3D dan di-*render*. Contoh animasi 3D dengan format tersebut adalah *Toy Story*, *Monsters vs. Aliens*, dan *Shrek*. Sedangkan film efek visual biasanya dibuat dengan aktor sungguhan tetapi menggunakan latar belakang dan efek yang dihasilkan oleh komputer. Contoh film dengan format tersebut adalah *Jurassic Park*, *Sky Captain and the World of Tomorrow*, dan *Tron* (Beane, 2013).

Industri film merupakan salah satu industri terbesar yang menggunakan animasi 3D. Film-film ini biasanya membutuhkan waktu sekitar 6 bulan hingga 4 tahun untuk penyelesaiannya tergantung pada skala proyeknya. Kru produksi dapat berkisar dari 3 orang hingga 300 orang tergantung pada skala keseluruhan film. Pembuatan film animasi penuh dapat memakan waktu dua hingga 4 tahun dan memiliki kru yang sangat besar sejumlah ratusan karyawan. Satu studio biasanya menyelesaikan keseluruhan film secara internal. Film pendek (yang berdurasi kurang dari 40 menit) seringkali dibuat oleh individu atau studio kecil (Beane, 2013).

Film efek visual berbeda dari film yang dianimasikan penuh karena film tersebut dibuat langsung oleh kru film reguler. *Supervisor* membantu pekerjaan kamera dan mengumpulkan data yang diperlukan untuk penambahan efek visual. Kemudian hasil rekaman yang sudah selesai direkam oleh kru akan dikirim ke

studio efek visual untuk penambahan efek visual sesuai kebutuhan (Polozuns, 2013).

2.2.5. 2D vs. 3D

Mengetahui pesatnya perkembangan teknologi animasi dengan bantuan komputer, terdapat preferensi gaya animasi yang dapat dipilih. Opsi animasi sendiri terbagi menjadi dua kelompok utama yaitu animasi 2D dan 3D (Alkofahi & Jamaludin, 2015).

Ada banyak perbedaan yang mendasari kedua gaya animasi tersebut, perbedaan-perbedaan ini dapat dicerminkan ke dalam 3 aspek utama:

pertama, dalam dunia animasi 3 dimensi, semua karakter dan model dibuat menggunakan perangkat lunak grafik 3D. Ketika suatu model 3D telah selesai dibuat, gambaran dari setiap sudut objek tersebut akan otomatis terbentuk. Jika seseorang ingin menampilkan suatu bagian dari objek atau karakter 3D untuk dianimasikan, program grafik 3D dapat mendukung hal tersebut dengan cukup mudah yaitu dengan cara mengganti rotasi sudut pandang hingga mendapatkan sudut yang tepat. Namun pada animasi 2D, setiap gambar karakter hanya memiliki proyeksi ke arah tertentu. Oleh karena itu, pada setiap sudut yang ingin ditunjukkan perlu dilakukan penggambaran ulang dengan sudut yang berbeda. Animasi 2 dimensi tidak merepresentasikan *motion* berputar secara terus-menerus sehingga menjadikan teknologi 3D lebih efektif dalam membuat pergerakan kamera yang lebih dinamis. Jadi, animasi 2D membutuhkan teknik yang sama sekali berbeda dalam mencapai animasi kamera yang dinamis. (Hosseini, et.al., 2019)

Kedua, dalam animasi tiga dimensi, sebagian besar tindakan dapat digunakan untuk mengontrol perubahan ruang dan waktu dalam program animasi. Hal tersebut dapat memudahkan animator dalam mengontrol koordinasi 3 dimensi untuk mengubah sebuah *plot* dari *frame* tertentu hingga sesuai dengan kebutuhan. Program grafik 3D dapat mengontrol setiap pergerakan dari setiap orang dan objek untuk mencapai interpretasi dari sebuah *plot*. Sedangkan dalam animasi 2 dimensi, setiap gambar yang menampilkan suatu karakter atau objek pada *frame* tertentu sudah tidak dapat diubah secara leluasa. Perlu dilakukan penggambaran ulang jika ingin mengontrol *plot* cerita dari animasi yang dibuat (Curtis et.al., 2020).

Ketiga, otomatisasi pembuatan animasi tiga dimensi sudah lama berkembang sehingga memiliki berbagai alat kreatif yang dapat diakumulasikan dalam pembuatan animasi tiga dimensi. Terutama dengan adanya teknologi *motion capture* sangat memudahkan *animator* dalam membuat animasi karakter 3 dimensi. Sedangkan alat bantu yang ada pada animasi 2 dimensi masih termasuk sedikit (Liu, 2016).

2.2.6. Cel-Shading

Menurut Francesca Galluzi dalam tesis-nya yang berjudul “*Cel-Shading with OSL in RenderMan 21 for Maya*”, *Non-Photorealistic Rendering* (NPR) telah menjadi studi selama bertahun-tahun. Berbeda dengan *photorealistic rendering*, tujuan NPR adalah menghasilkan gaya seni yang non-realistik baik itu dalam seni menggambar, melukis, 3D *modelling*, atau seni lainnya. Secara umum, *photorealistic rendering* merupakan pilihan yang lebih banyak menjadi preferensi tiap orang, Hal ini menyebabkan penelitian pada NPR menjadi lebih lambat.

Namun, seiring berjalannya waktu bidang ini telah mendapatkan kemajuan besar sehingga NPR akhirnya dapat dianggap sebagai opsi yang valid untuk produksi yang berkualitas. Masalah utama yang perlu diperhatikan saat membuat visual yang non-realistik adalah kemungkinan bagi para *artist* untuk menyesuaikan *artsyle* mereka tanpa batasan apapun sambil tetap menjaga prosesnya agar seotomatis mungkin untuk mendapatkan waktu produksi yang terjangkau. Aspek terakhir inilah yang sering menyebabkan NPR terpuruk dalam jangka waktu yang lama, karena belum adanya teknologi yang lengkap untuk memenuhi kebutuhan tersebut (Galluzi, 2017).

Cel-shading adalah jenis *non-photorealistic rendering* yang merepresentasikan model 3 dimensi atau *scene* 3 dimensi apapun sebagai permukaan datar yang hanya menggunakan dua atau tiga *tone* untuk mendeskripsikan bentuk objek yang diwakili, yaitu *tone* dasar yang mewakili warna umum dari suatu objek. Contoh dari 2 *tone* itu sendiri yaitu *tone* yang lebih gelap biasa digunakan untuk menggambarkan bayangan dan *tone* yang lebih terang biasa menggambarkan daerah *highlight* dari suatu objek. Teknik *shading* ini sering dihubung-hubungkan dengan sistem deteksi tepi yang mendefinisikan *outline* dan semua *lineart* yang yang dibutuhkan untuk melengkapi visual dari *cel-shading* itu sendiri. Oleh karena itu, *cel-shading* dapat dikatakan sebagai teknik *shading* yang digunakan untuk mereproduksi gaya gambar 2 dimensi atau animasi 2 dimensi tradisional seperti *anime* (Hudon et.al., 2019)

Kini, *cel-shading* tidak hanya mengacu kepada teknik atau metode *shading*. Namun juga lebih umum dikenal sebagai gaya artistik dalam membuat grafik 3

dimensi terlihat lebih seperti kartun dengan penggunaan tekstur berwarna khusus. Penggunaan *outline* juga disimulasikan untuk visual garis tepi pada objek 3 dimensi (Xu et.al., 2016)

2.3. Teori Uji Coba

2.3.1. *Desirability Testing*

Desirability testing memungkinkan pengujian untuk memahami pendapat responden tentang estetika dan daya tarik visual dari suatu produk. Sama seperti *usability testing*, *desirability testing* melibatkan kombinasi metode kuantitatif dan kualitatif yang memungkinkan kita menilai aspek estetika dan daya tarik visual (Zhang et.al., 2022).

Metode ini dapat membantu memahami persepsi *responden* terhadap desain yang sudah dikembangkan yang mana dalam kasus ini produk tersebut ialah *short movie* dengan *style* 2D yang berbasis 3D objek dengan menggunakan *cel-shading*. Salah satu *desirability testing* adalah *Microsoft Reaction Card Method*. Metode ini membutuhkan responden untuk memilih sejumlah kata (dari daftar 25-118 kata) yang menurut mereka paling baik menggambarkan suatu produk. Ini memungkinkan tim desain mengetahui desain mana yang menyebabkan reaksi tertentu (Benedeck & Miner, 2002).

2.3.2. Percentage Formula

Rumus menghitung memungkinkan untuk menyatakan perbandingan antara dua nilai sebagai bagian dari totalnya dalam bentuk persen. Ini membantu dalam memahami proporsi atau perbandingan relatif dari suatu nilai terhadap keseluruhan. Rumus persentase memberikan cara yang sederhana dan jelas untuk menyajikan informasi mengenai bagian dari keseluruhan atau perubahan relatif dari suatu nilai terhadap totalnya (Bluman, 2017). Rumus untuk menghitung persentase adalah sebagai berikut:

$$Persentase = \frac{Nilai}{Total} \times 100\% \quad (2.1)$$

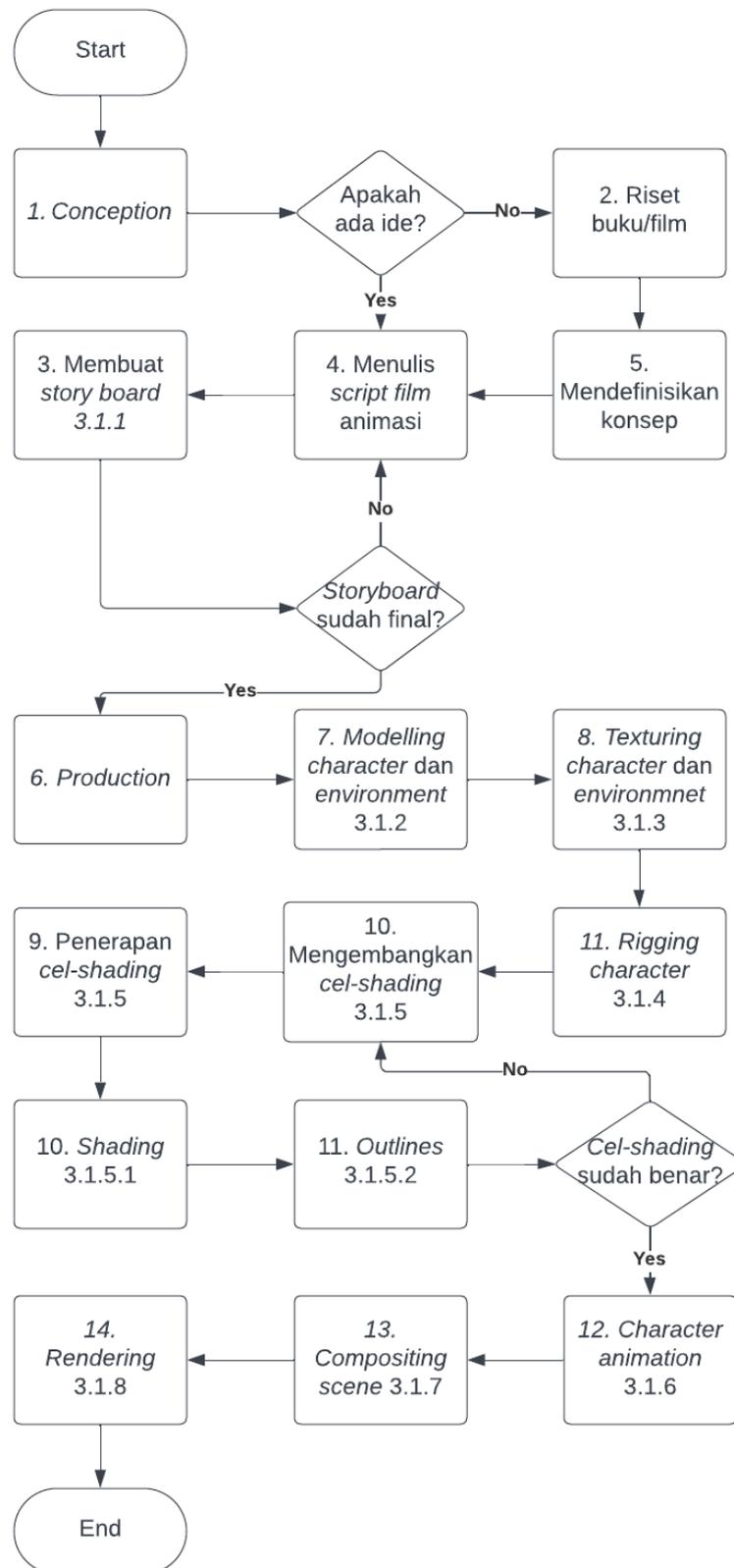
BAB III

DESAIN DAN IMPLEMENTASI

3.1. Desain Sistem

Proses pembuatan film animasi pendek yang dikembangkan di sini memiliki 3 tahapan yang perlu dilakukan. Tahapan-tahapan tersebut dimulai dari *conception*, *production* hingga *post-production*. Langkah-langkah dari setiap tahapan tadi akan berbeda tergantung pada persyaratan film animasi itu sendiri

Pada penelitian ini penulis menggunakan desain penelitian berupa flowchart sebagai panduan untuk menggambarkan urutan proses penelitian secara mendetail. Flowchart ini diharap dapat memudahkan penulis selama melakukan penelitian.



Gambar 3. 1 Flowchart alur produksi pembuatan film animasi

Pada Gambar 3.1. ditunjukkan bahwa langkah pertama yang terlibat dalam pembuatan film animasi 3D adalah *conception*. Tahap ini bertujuan untuk melakukan konseptualisasi ide dan pembuatan *storyboard* yang menerjemahkan ide-ide tadi ke dalam bentuk visual.

Tahap berikutnya yaitu tahap *production* yang mencakup berbagai proses *development* dari film animasi 3D. Pada tahap ini, semua konsepsi yang telah dibuat sedikit demi sedikit diolah untuk dijadikan sebuah animasi. Tahap ini mencakup proses *modelling, texturing, rigging, cel-shading development, character animation, compositing scene, dan post-production*.

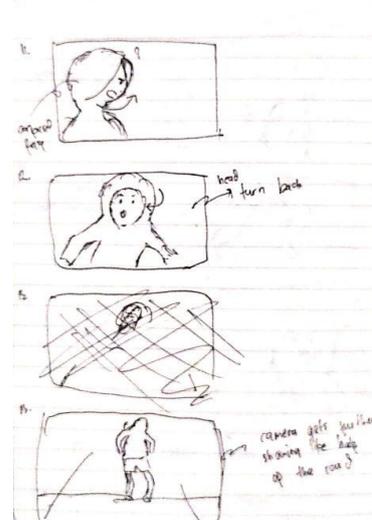
Tahap terakhir ialah *post-production* yang dilakukan setelah semua proses *development* animasi selesai. Pada tahap ini dilakukan *video editing* untuk menggabungkan berbagai elemen yang diperlukan dalam melengkapi dan meningkatkan kualitas dari video animasi.

3.1.1. *Storyboard*

Storyboard adalah langkah pertama yang perlu dilakukan dalam proses pembuatan animasi. *Storyboard* berfungsi sebagai referensi untuk aspek-aspek di dalam film animasi seperti urutan pengambilan gambar dan sudut kamera. *Storyboard* dapat dibuat melalui *software* ilustrasi maupun hanya dengan menggunakan kertas dan alat tulis. Pada proses pembuatan animasi di sini, semua proses pembuatan *script* dan *storyboard* dilakukan menggunakan kertas dan pulpen. Gambar 3.2, 3.3, dan 3.4 menunjukkan beberapa sampel dari hasil ideasi *storyboard*.



Gambar 3. 2 Storyboard 1



Gambar 3. 3 Storyboard 2



Gambar 3. 3 Storyboard 3

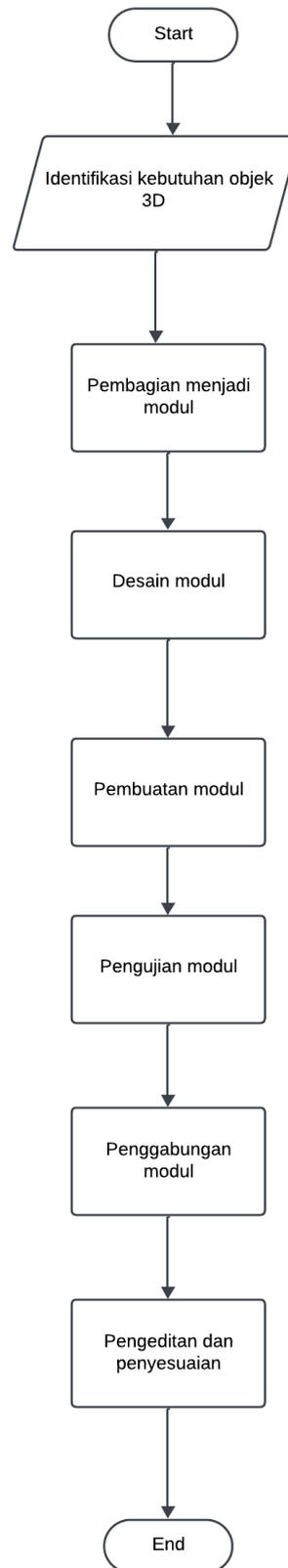
3.1.2. Modelling Character dan Environment

Modelling adalah proses membuat representasi 3D dari setiap permukaan maupun objek dengan memanipulasi *polygon*, *edge*, dan *vertex* di dalam ruang 3 dimensi (Agustina, 2017). Sebelum melakukan 3D *modelling* diperlukan suatu konsep desain dari objek yang ingin dibuat. Desain konsep ini dapat dibuat

menggunakan *software* menggambar seperti *photoshop*, *aseprite*, *SAI*, dan lain sebagainya. Desain konsep ini juga dapat dibuat menggunakan kertas dan alat tulis.

Modular modeling adalah suatu metode permodelan komputer yang memecah objek atau model 3D menjadi modul-modul atau komponen-komponen yang lebih kecil. Setiap modul tersebut merupakan elemen yang mandiri dan dapat digunakan kembali, sehingga nantinya dapat digabungkan untuk membentuk objek yang lebih kompleks. Pendekatan modular ini memungkinkan perancang model untuk merancang, mengedit, dan menggunakan kembali berbagai komponen yang telah dibuat sebelumnya, yang pada gilirannya dapat mempercepat proses pembuatan model 3D dan memudahkan perubahan atau penyesuaian model tersebut.

Diagram alir dari proses *modular modeling* ditunjukkan pada Gambar 4.1. Hubungan *flowchart* ini dengan *flowchart* pada Gambar 3.1 ialah di nomor 7 yang berisi “*Modelling character dan environment*”.

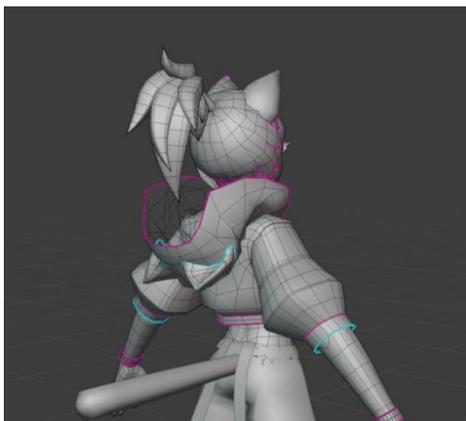


Gambar 3.5 *Flowchart Modular Modeling*

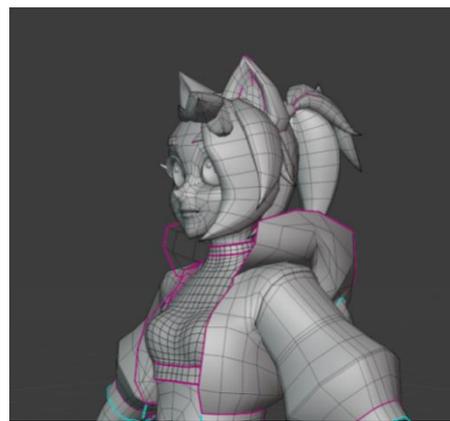
Ide dan referensi dari desain konsep sendiri bisa didapatkan melalui internet atau melihat langsung objek nyata yang ada di sekitar. Setelah selesai dalam pembuatan desain konsep, hasil dapat di-*import* langsung ke dalam program 3D *modelling* untuk dikerjakan. Sampel dari desain konsep dan objek karakter 3D dapat dilihat pada gambar 3.6 dan 3.7.



Gambar 3. 6 Desain konsep karakter



Gambar 3. 7.a Model Karakter *Back View*



Gambar 3. 7.b Model Karakter *Front View*

3.1.3. *Texturing Character dan Environment*

Proses *texturing* dapat dilakukan setelah objek 3D yang dibuat berdasarkan desain konsep sudah selsai. Tekstur dalam ruang 3 dimensi memiliki beberapa jenis dan di antaranya ada yang cukup sering digunakan oleh banyak *3D artist*. Jenis-jenis tekstur tersebut adalah *albedo/diffuse map*, *normal map*, *displacement map*, *specular map*, dan *roughness map* (Agustina, 2017). Pada proses pengembangan animasi di sini jenis tekstur yang digunakan ialah *albedo/diffuse map*, *normal map*, dan *roughness map*. Hasil dari *albedo/diffuse map* dapat dilihat pada gambar 5. Bisa dilihat bahwa *albedo/diffuse* hanya menyimpan data warna dasar dari objek 3 dimensi. Sedangkan untuk *normal map* yang dapat dilihat pada gambar 6, menyimpan data permukaan objek 3 dimensi seperti goresan, benjolan, penyok, dan berbagai detail kecil lainnya yang ada pada permukaan objek 3 dimensi. Penggunaan *normal map* dapat memberi manfaat dalam meningkatkan visual dari objek 3D tanpa perlu meningkatkan *cost performance*-nya. Sedangkan gambar 7 menunjukkan contoh jenis *roughness map* yang menyimpan data jumlah kekasaran ataupun kelicinan dari suatu objek 3D.

UV Mapping adalah proses *3D modelling* dalam memproyeksikan gambar 2 dimensi ke model 3 dimensi untuk pemetaan tekstur (Agustina, 2017). Tahap ini merupakan bagian yang penting ketika ingin melakukan *texturing*.

3.1.4. *Rigging Character*

3D rigging merupakan proses pembuatan *skeleton* untuk digunakan oleh model 3 dimensi agar dapat digerakkan. Karakter 3 dimensi harus diberikan *rig* sebelum melakukan proses animasi. Jika sebuah model karakter tidak memiliki *rig*,

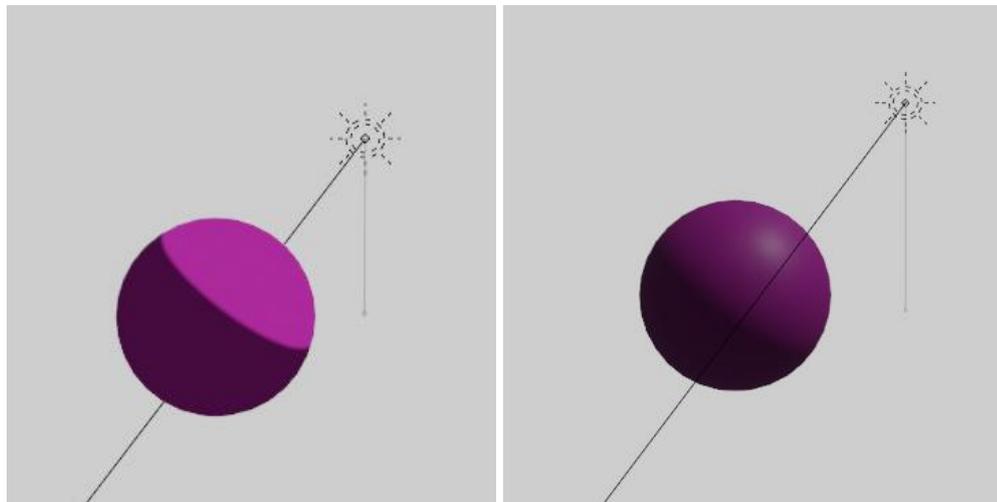
setiap anggota tubuhnya tidak akan bisa digerakkan maupun dipindahkan (Agustina, 2017).

3.1.5. Pengembangan *Cel-shading*

Sub-bab ini telah disinggung pada *flowchart* yang dapat dilihat pada Gambar 3.1, pada *flowchart* tersebut dapat dilihat nomor 10 yang berisi “Mengembangkan *cel-shading*” menuju pada sub-bab ini. Membuat *cel-shading* memerlukan beberapa tahap di dalam pengembangannya. Pengembangan teknik *cel-shading* yang baik memerlukan beberapa aspek lain yang harus disertakan selama proses produksi.

3.1.5.1. Shading

Sub-bab ini telah disinggung pada *flowchart* yang dapat dilihat pada Gambar 3.1, pada *flowchart* tersebut dapat dilihat nomor 12 yang berisi “*Shading*” menuju pada sub-bab ini. Efek *shading* pada *cel-shading* dihasilkan dari *normal* sebuah objek. Setiap *normal* yang ada pada suatu objek memiliki sudutnya masing-masing, sudut ini ditentukan dari perantara arah normal dan arah sumber cahaya. Sudut dari kedua hal tersebut menghitung suatu nilai *cosines* untuk menerapkan *tone* tertentu ke permukaan *face/area* dari sebuah objek. Jika arah normal dan arah sumber cahaya saling berkesinambungan, maka *tone* pada permukaan area tersebut akan menjadi lebih cerah. Ketika arah normal dan arah sumber cahaya tidak bertabrakan, maka *tone* pada area tersebut akan menjadi lebih gelap. Perbedaan *tone* tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.8.a dan 3.8.b.

Gambar 3. 8.a *Cel-shaded* objek 3D

Gambar 3. 8.b Objek 3D normal

Gambar 3.8.b. menggunakan *default shader* dan dapat dilihat permukaan 3D masih memiliki efek bayangan dan highlight yang *soft* dan terpisah dengan gradasi. Sedangkan pada Gambar 3.8.a. yang telah menggunakan *cel-shader* efek antar *shadow* dan *highlight* lebih tegas sehingga visual objek terlihat lebih *flat* dan lebih menyerupai visual 2 dimensi.

3.1.5.2. *Outlines*

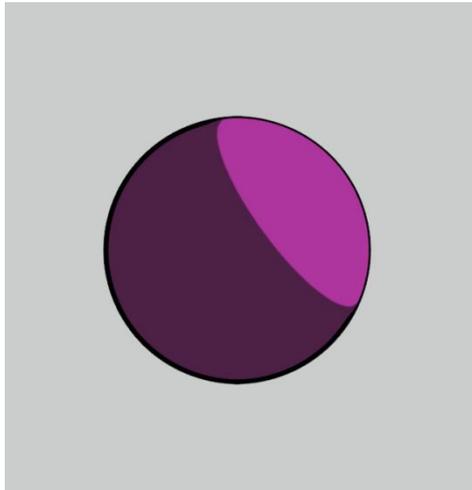
Sub-bab ini telah disinggung pada *flowchart* yang dapat dilihat pada Gambar 3.1, pada *flowchart* tersebut dapat dilihat nomor 13 yang berisi “*Outlines*” menuju pada sub-bab ini. Untuk mendapatkan tampilan yang benar-benar terlihat seperti visual 2 Dimensi, *cel-shading* perlu ditambahkan garis hitam yang menyimulasikan *drawing strokes* atau *outlines*. Garis ini dapat dihasilkan oleh 2 teknik yang berbeda yaitu teknik “*Edge-detection*” ataupun teknik “*Back-face culling*”.

“*Edge-detection*” dan “*Back-face culling*” sebenarnya adalah dua teknik yang independen. Tetapi, kedua teknik tersebut sering kali digunakan dengan *cel-*

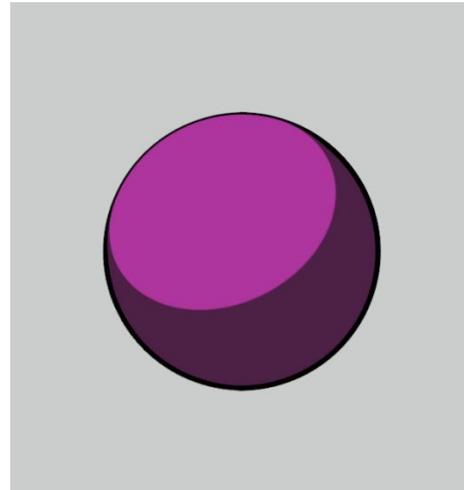
shading untuk membantu mencapai visual 2 Dimensi. Sehingga perlu dilakukan pengombinasian kedua teknik tersebut dengan *cel-shading*.

Edge-detection didasarkan pada algoritma yang mendeteksi perubahan kontras, kecerahan, dan ketajaman dalam menentukan letak titik-titik yang membentuk tepi objek di dalam sebuah gambar yang telah dirender. Teknik ini masuk ke dalam bagian *post-process* sehingga tidak hanya terbatas pada 3D.

Pada penelitian ini metode yang akan digunakan dalam membuat *outlines* adalah *back-face culling*. Teknik ini menyembunyikan bagian objek 3D (yang akan dijadikan *outlines*) pada lapisan terluar yang tidak terlihat oleh sudut pandang pengamat atau kamera. Untuk menghasilkan *outlines* dengan teknik ini, diperlukan penambahan ketebalan atau lapisan baru pada permukaan objek 3D. Lapisan tersebut akan dibuat berwarna hitam dan sisi luarnya dibalik ke dalam untuk menunjukkan sisi yang tersembunyi. Secara *default*, sisi ini tidak langsung tersembunyi tetapi perlu merubah beberapa pengaturan pada program 3D untuk menjadikan sisi ini tersembunyi sehingga ketika lapisan terluar tersebut dibalik akan menghasilkan garis hitam pada tepi objek yang terlihat dari sudut pandang pengamat. Hasil *outlines* pada teknik ini dapat dilihat pada gambar 3.9. *Outlines* tersebut akan berubah secara dinamis berdasarkan arah sudut pandang pengamat.



Gambar 3. 9.a Outlines 1

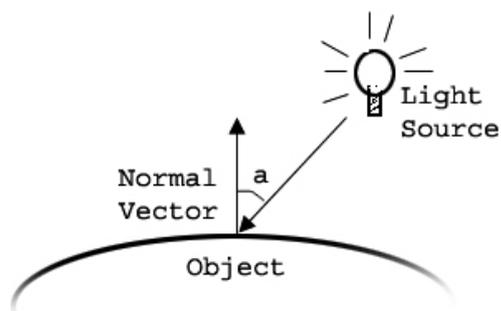


Gambar 3. 9.b Outlines 2

Secara matematis, *cel-shader* bekerja dengan memodifikasi diskritasi pencahayaan. Rumus pencahayaan (atau warna piksel) untuk satu piksel pada layar ketika menggambar poligon dengan efek *cel-shading* adalah:

$$\text{pixel_color} = \text{texture_map}(\text{N dot L}) \quad (3.1)$$

di mana N adalah vektor Normal pada poligon, dan L adalah sinar dari sumber cahaya seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 3.10. Hasil perkalian titik antara N dan L adalah kosinus dari sudut di antara keduanya, yang digunakan untuk mengindeks *texture_map*.

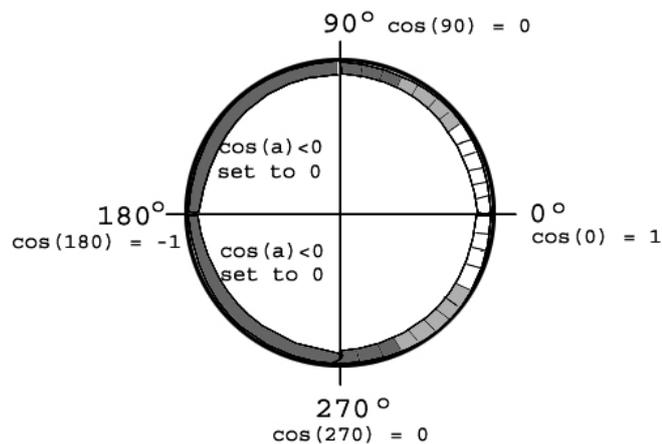


Gambar 3. 10 Diskritasi Pencahayaan

Peta tekstur (`texture_map`) adalah sebaris dengan 16 warna seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 3.11. Hasil perkalian titik (`dot product`) memberikan indeks ke dalam peta tekstur untuk mendapatkan warna piksel sebenarnya. Gambar 3.12 menunjukkan warna-warna dalam peta tekstur yang sesuai dengan berbagai sudut antara N dan L.



Gambar 3. 11 Gradasi Warna

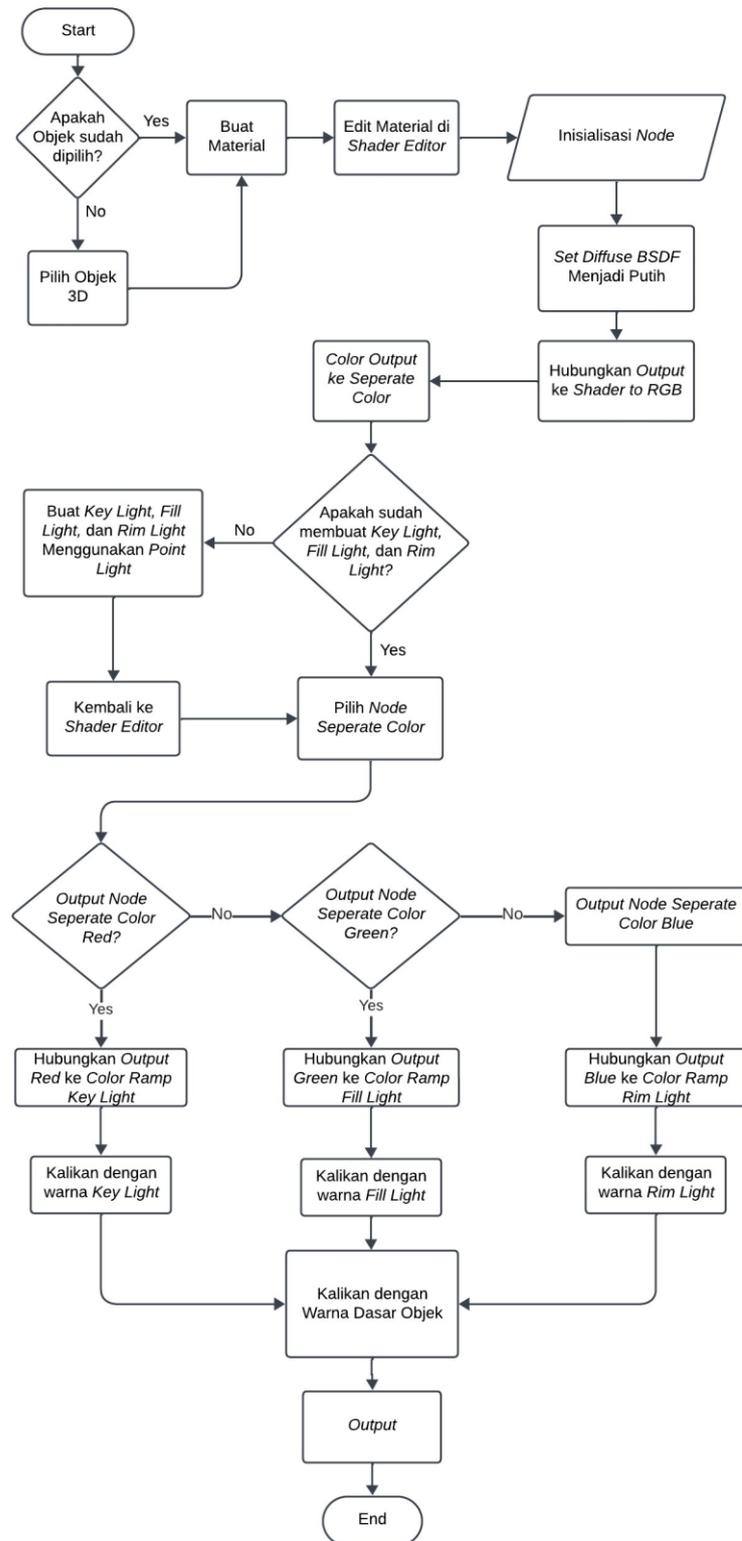


Gambar 3. 12 Gradasi Warna dari Setiap Sudut

Menurut aturan cel-shading, nilai negatif dari $\cos(a)$ diatur menjadi 0, yang merupakan indeks dari warna pertama dalam peta tekstur, yaitu warna abu-abu yang paling gelap. Ini terjadi ketika poligon menghadap menjauh dari sumber cahaya. Jika poligon menghadap sumber cahaya, maka warna bayangan berada dalam rentang 0,0 hingga 1,0 yang menciptakan gradasi sesuai dengan peta tekstur. Sebagai contoh, jika cahaya mengenai poligon pada sudut 60 derajat, maka nilai kosinusnya adalah 0,5 dan warna yang sesuai dari peta tekstur adalah putih. Peta

tekstur dapat memiliki sejumlah gradasi warna di dalamnya, itulah yang membuat metode cel-shading ini fleksibel.

Pada penelitian ini, penerapan *cel-shading* sendiri memiliki beberapa alur tambahan pengujian yang telah dilakukan. Alur tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.13.

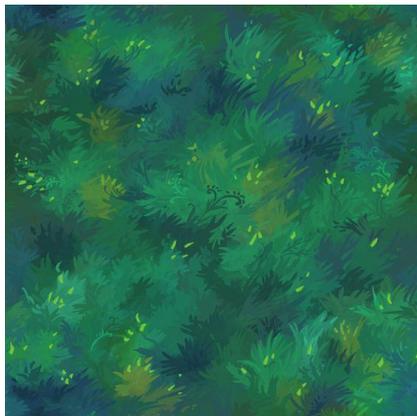


Gambar 3. 13 *Flowchart* Penerapan Dasar *Cel-Shader*

Sesuai *flowchart* yang ditunjukkan pada Gambar 3.13. Proses pengembangan *cel-shading* pada aplikasi blender dimulai dari pembuatan *material* agar dapat mengakses *shader program* atau *shader editor*. Inisialisasi *node* ialah proses menginisialisasi *node* yang dibutuhkan pada pengembangan *shader*. Pada kasus ini beberapa *node* yang dibutuhkan ialah *diffuse bsdf*, *shader to rgb*, *separate color*, *color ramp*, dan *multiply*. Dimulai dari *diffuse bsdf* set warna pada *node* menjadi #ffffff. *Output diffuse bsdf* kemudian dihubungkan ke *node separate color* untuk dipisahkan berdasarkan warna merah, hijau, dan biru. *Output* dari *node separate color* akan dikalikan dengan sumber cahaya yang memiliki warna merah, hijau, dan biru. Jika sumber cahaya belum diatur, maka buatlah 3 sumber cahaya dengan jenis *point light* yang kemudian diberi nama *key light*, *fill light*, dan *rim light*. Secara urut, masing-masing dari sumber cahaya tadi akan diberi warna merah, hijau, dan biru. *Output separate color* kemudian dihubungkan dengan *node color ramp* yang keluarannya akan dikalikan dengan ketiga sumber cahaya. *Output* merah dikalikan dengan *key light*, *output* hijau dikalikan dengan *fill light*, sedangkan *output* biru dikalikan dengan *rim light*. Hasil perkalian antar *output node color ramp* dan sumber cahaya tadi kemudian dikalikan dengan warna dasar objek. Jika berhasil permukaan objek yang diberi *cel-shading* akan terlihat seperti Gambar 3.9.a dan 3.9.b.

3.1.5.3. Texturing

Tekstur untuk mencapai gaya visual 2D yang terlihat seperti *anime* didasarkan pada penggunaan tekstur yang dibuat khusus untuk tujuan ini. Pembuatan tekstur dapat bergantung pada gaya artistik yang ingin dicapai oleh masing-masing *animator*. Pembuatan tekstur dapat dilakukan menggunakan program *illustrator* seperti *Photoshop*, *Paint SAI*, *Asesprite*, dan lain sebagainya. Gambar 3.14 dan 3.15. menunjukkan contoh tekstur yang dibuat untuk mencapai gaya artistik visual 2D yang menyerupai *anime*.



Gambar 3. 14 Tekstur 1



Gambar 3. 15 Tekstur 2

3.1.6. Animation

Animasi adalah cara membuat suatu objek bergerak atau berubah bentuk dari waktu ke waktu, sebuah objek dapat dianimasikan dengan berbagai cara. Sebuah objek dapat bergerak secara keseluruhan dengan mengubah posisi, orientasi, atau ukuran waktu. Pergerakan suatu objek 3D juga dapat dibuat berdasarkan gerakan objek 3D lainnya. Pose objek 3D yang telah ditentukan pada suatu waktu perlu diatur ke dalam *keyframe timeline*. Pada bagian ini, pose dari karakter 3D sudah ditentukan oleh *storyboard* sehingga tidak akan menyebabkan adanya pose

yang tidak seharusnya ada di dalam *script* yang dapat menyebabkan perbedaan dari ideasi awalnya.

3.1.7. *Compositing Scene*

Proses mengumpulkan beberapa material seperti gambar, video, musik, dan suara untuk membuat hasil akhir dari film animasi merupakan bagian dari *optical film compositing*. *Compositing* yang berbasis pada *layer* merepresentasikan setiap objek media dalam komposit sebagai *layer* terpisah di dalam sebuah *timeline*, masing-masing dengan batas waktu, efek, dan *keyframe* sendiri-sendiri. Semua *layer* diurutkan dalam bentuk *stack*.

Semua proses *compositing* melibatkan penggantian bagian *keyframe* yang dipilih dengan material lain-nya. Dalam metode digital *compositing*, perintah *software* menunjukkan warna yang didefinisikan sebagai bagian dari *keyframe* tertentu yang akan diganti. Mengomposisikan tiga elemen yaitu *footage*, model, dan bayangan dapat dilakukan secara penuh menggunakan *software* 3D seperti Blender. Proses *compositing* ini dilakukan menggunakan *Compositing screen* dan *Node editor* untuk menggabungkan semua material yang diperlukan sebelum di-*render*.

3.1.8. *Rendering*

Setelah semua material digabungkan menjadi satu *compositing*, maka semua *footage* dari setiap *keyframe* dapat di-*render*. Proses *render* di sini dilakukan menggunakan *software* 3D yaitu *Blender*. Proses *render* menggunakan *hardware* dengan spesifikasi berikut :

- CPU : AMD Ryzen Mobile 7 4800H 8 Core 16 Thread @ 2.9 GHz
(8M Cache, up to 4.2 GHz)
- GPU : NVIDIA GeForce RTX 2060
- RAM : 16 GB DDR4 3200 MHz Dual Channel
- VRAM : 6 GB

3.2. Rencana Uji Coba

Hubungan sub-bab ini dengan sub-bab 2.3 adalah sub-bab 2.3 menjelaskan teori dan sumber metode uji coba yang akan digunakan sedangkan sub-bab ini menjelaskan rencana uji coba yang akan dilakukan. Pada rencana uji coba akan dilaksanakan dengan beberapa langkah-langkah pengujian dalam implementasi metode *cel-shading* pada film animasi 3D. Rencana uji coba ini bertujuan untuk membandingkan visual 2D dan 3D dalam film animasi serta membandingkan efisiensi pembuatan animasi. Berikut adalah langkah-langkah uji coba yang akan dilaksanakan pada penelitian ini antara lain :

1. Uji coba penilaian kemenarikan visual 3 Dimensi menggunakan *cel-shading* dibandingkan dengan visual 2 Dimensi
2. Menyiapkan beberapa *frame* dari hasil render video animasi
3. Membuat *google form* untuk pengujian dengan metode *desirability testing*.
4. Menyebarkan *google form* ke responden dengan rentang umur yang berbeda-beda

Pada uji coba ini pengujian akan menggunakan salah satu metode visual design testing yaitu *desirability testing* bernama *Microsoft Reaction Card Method*,

pengujian ini dipilih karena metode dikembangkan oleh *Microsoft* yang sudah terkenal kredibilitasnya. Pengujian juga terbukti efektif dan telah banyak digunakan untuk menilai *visual design*.

Penguji akan menyediakan 25 kata yang dapat menggambarkan hasil visual yang telah dikembangkan dengan *cel-shading*. Kata akan dipilih berdasarkan relevansinya terhadap *goal* dari penelitian ini. Penguji juga akan memasukkan variasi kata yang mengandung konotasi negatif, positif, dan netral. Menurut penemu dari metode ini, kata yang mengandung konotasi negatif harus mencapai setidaknya 40% dari semua kata yang dipilih. Hal ini bertujuan untuk menghindari *bias* dari responden (Benedek & Miner, 2002)

Pada pengujian ini, penguji akan memilih 25 yang terdiri dari 10 kata positif, 10 kata negatif, dan 5 kata netral untuk menghindari *bias* dari responden. Berikut adalah 25 kata yang akan digunakan berdasarkan ketentuan yang telah dipaparkan pada paragraf sebelumnya:

Tabel 3. 1 Kata positif, negatif, dan netral

No.	Positif	Negatif	Netral
1.	<i>Stylized</i>	<i>Flat</i>	<i>Colorful</i>
2.	<i>Attractive</i>	<i>Realistic</i>	<i>Detailed</i>
3.	<i>Beautiful</i>	<i>Boring</i>	<i>Calming</i>
4.	<i>Innovative</i>	<i>Ugly</i>	<i>Vibrant</i>
5.	<i>Non-realistic</i>	<i>3D-like</i>	<i>Complex</i>
6.	<i>2D-like</i>	<i>Weird</i>	
7.	<i>Toon</i>	<i>Cheap</i>	
8.	<i>Painting</i>	<i>Plain</i>	
9.	<i>Simple</i>	<i>Graphic</i>	
10.	<i>Anime</i>	<i>Disney</i>	

Dari 25 kata di atas terdapat 10 kata positif yang dianggap *relevant* dengan tujuan penelitian ini, 10 kata tersebut yaitu *stylized, attractive, beautiful, innovative, non-realistic, 2D-like, toon, painting, dan anime*. Berikutnya terdapat juga 10 kata negatif yang dianggap bertentangan dengan tujuan penelitian ini, kata-kata tersebut ialah *flat, realistic, boring, ugly, 3D-like, weird, cheap, plain, graphic, dan disney*. Terakhir penulis juga memasukkan kata yang memiliki nilai netral yang tidak ada pengaruhnya terhadap tujuan penelitian ini yaitu *colorful, detailed, calming, vibrant, dan complex*.

Pada metode pengujian ini penguji akan menunjukkan 3 gambar berbeda dari video animasi kepada 110 responden dengan rentang usia yang berbeda. Rentang usia tersebut mencakup usia 12-17 tahun, 18-25 tahun, 26-35 tahun, dan 36 tahun ke atas. Jumlah responden dalam setiap rentang usia dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Rentang usia responden

No.	Rentang Usia	Jumlah Responden
1.	12-17 Tahun	11 Responden
2.	18-25 Tahun	39 Responden
3.	26-35 Tahun	15 Responden
4.	36+ Tahun	46 Responden

Frame yang ditunjukkan kepada responden dalam pengujian ini dapat dilihat pada Gambar 3.15, 3.16, dan 3.17.



Gambar 3. 16 *Frame 1* yang ditunjukkan kepada responden



Gambar 3. 17 *Frame 2* yang Ditunjukkan Kepada Responden



Gambar 3. 18 *Frame 3* yang Ditunjukkan Kepada Responden

Gambar-gambar yang terdapat pada nomor 3.16 dan 3.17 menampilkan sebuah fokus yang khusus terhadap *environment* sekitar, yang menggarisbawahi aspek-aspek yang terkait dengan pemandangan alam. Sementara itu, pada gambar nomor 3.18, tidak hanya memusatkan perhatian pada *environmnet*, tetapi juga menambah dimensi yang lebih luas dengan memberikan perhatian terhadap karakter.

Untuk menguji masalah ketiga yaitu membandingkan kecepatan render antar *frame* yang menggunakan *default shader* dan *cel-shader*, penguji menggunakan *hardware* dengan spesifikasi yang sama. Spesifikasi *hardware* dapat dilihat pada sub-bab 3.1.8. Hasil waktu dari masing-masing akan dibandingkan, kemudian akan dihitung berapa persentase kecepatan proses render *cel-shader* disbanding *default shader*. Persentase lebih cepat akan dihitung menggunakan rumus di bawah ini.

$$\text{Persentase Lebih Cepat} = \frac{\text{Perbedaan Waktu}}{\text{Waktu Awal}} \times 100\% \quad (3.1)$$

Lalu berikut adalah pertanyaan yang diberikan kepada responden:

1. Berapa *range* usia anda?
 - a. 12-17 tahun
 - b. 18-25 tahun
 - c. 26-35 tahun
 - d. 36 tahun ke atas
2. Pilih kata-kata di bawah untuk mendeskripsikan gambar-gambar di atas.

Kata yang dapat dipilih responden pada kuesioner ini dapat dilihat pada tabel 3.1. Responden dapat memilih beberapa kata dari semua kata yang tersedia untuk mendeskripsikan gambar yang telah disediakan. Gambar yang telah disediakan dapat dilihat pada Gambar 3.16, Gambar 3.17, dan Gambar 3.18.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Pada bab ini, akan diuraikan hasil penelitian terkait pembuatan animasi 2D dengan penerapan teknik cell shading. Fokus utama yang disoroti dalam bab ini adalah jawaban terhadap masalah yang telah diidentifikasi pada Bab 3, yaitu "Pengamatan parameter yang diperlukan dalam pembuatan animasi 2D berbasis 3D". Hasil penelitian dari masalah tersebut akan dipaparkan secara rinci melalui beberapa poin terpisah. Pada bab sebelumnya, telah dijelaskan proses yang diperlukan untuk menciptakan animasi 3D dengan tampilan visual 2D. Namun, pada bab ini, perhatian tertuju pada eksplorasi detail atas semua tahapan yang telah diuji coba dan diteliti dalam setiap tahap yang diperlukan untuk menciptakan animasi 3D dengan tampilan visual 2D yang memukau. Tahapan ini melibatkan sejumlah langkah, yaitu permodelan, pemetaan tekstur, rigging, pengembangan cel-shading, animasi karakter, komposisi adegan, dan tahap pasca-produksi. Penulis akan menyajikan hasil uji coba yang telah dilakukan dalam setiap tahapan, dengan penekanan khusus pada pengembangan cel-shading karena relevansinya dalam konteks komputasi dan sistematisasi animasi.

4.1.1. Modeling

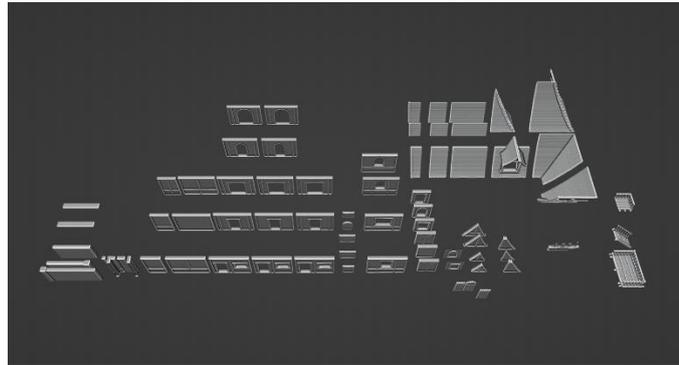
Sub-bab ini telah disinggung pada *flowchart* yang dapat dilihat pada Gambar 3.1, pada *flowchart* tersebut dapat dilihat nomor 7 yang berisi "*Modeling character dan environment*" menuju pada sub-bab ini. Pada sub-bab ini, akan

dibahas teknik *modeling* yang telah diuji coba untuk menyiapkan model 3D yang diperlukan dalam pengembangan animasi. Salah satu pendekatan yang berhasil ditemukan dan sukses diterapkan untuk mempercepat proses *modeling* dalam penyediaan asset 3D adalah pendekatan *modular modeling*.

Pendekatan *modular modeling* terbukti meningkatkan efisiensi dalam pengembangan model 3D, meningkatkan konsistensi visual antar model 3D, dan mempercepat produksi variasi model dengan menggunakan komponen yang sama. Dengan mengadopsi pendekatan ini, proses permodelan menjadi lebih terstruktur dan dapat mengurangi kerumitan dalam pengembangan model 3D yang kompleks, sehingga berkontribusi pada perbaikan keseluruhan dalam proses produksi animasi dan pengembangan konten berbasis 3D.

Langkah pertama yang dilakukan untuk membuat *modular modeling* ialah mengidentifikasi kebutuhan untuk model 3D yang akan dibuat. Ini mencakup pemahaman tentang objek apa yang akan dimodelkan dan apa yang dibutuhkan untuk model tersebut, pada penelitian ini contoh objek yang dibuat menggunakan *modular modeling* adalah bangunan.

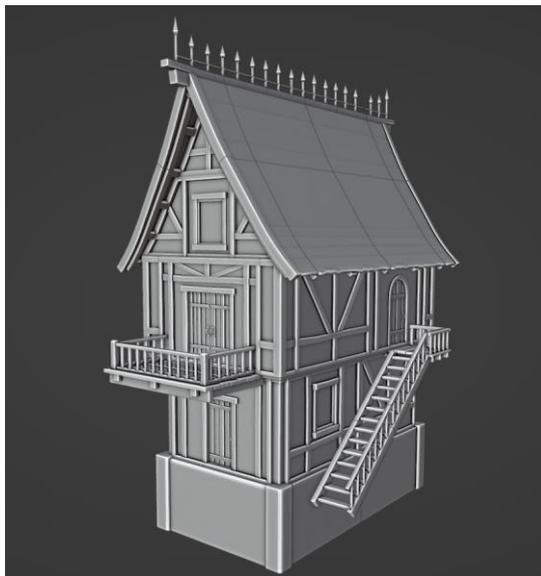
Langkah berikutnya yaitu proses memecah model menjadi modul-modul yang lebih kecil. Untuk setiap modul mewakili bagian atau komponen dari model yang lebih besar. Pada penelitian ini model bangunan akan dipecahkan menjadi beberapa modul, modul tersebut akan menjadi komponen fleksibel yang dapat digunakan untuk membuat variasi model bangunan. Beberapa modul yang dibuat pada penelitian ini ialah tembok, pondasi, pilar, genteng, jendela, pintu, dan lain sebagainya. Contoh modul dapat dilihat pada Gambar 4.2



Gambar 4. 2 Modul Bangunan

Tahap berikutnya yaitu membuat desain dari setiap modul. Tahap ini mencakup proses merancang visual, *art style*, dan atribut-atribut lainnya yang terkait dengan modul tersebut. Pada penelitian ini, visual 3D yang perlu menyerepuai visual 2D sehingga penguji akan membuat modul dengan desain *stylized*. *Stylized* merujuk pada suatu pendekatan atau gaya tertentu dalam seni, desain, atau komunikasi visual yang bertujuan untuk menciptakan tampilan atau estetika yang tidak realistis, seringkali dengan sentuhan kreatif atau artistik yang kuat. Gaya ini dapat berlaku dalam berbagai konteks, termasuk seni rupa, animasi, desain grafis, permainan video, film, dan lain sebagainya.

Modul yang telah dibuat akan diuji dalam merancang suatu model untuk memastikan setiap komponen dapat berfungsi dengan baik dan sesuai tujuan. Modul-modul yang telah selesai dibuat akan digabungkan untuk merancang model 3D bangunan yang dapat dilihat pada Gambar 4.3



Gambar 4. 3 Hasil Penggabungan Modul

Pada gambar 4.4, 4.5, dan 4.6 juga dapat dilihat hasil dari penggabungan modul yang sudah ditata di *environment* yang akan digunakan untuk membuat animasi dalam penelitian ini.



Gambar 4. 4 Asset objek 3D pada *environment* 1



Gambar 4. 5 Asset objek 3D pada *environment 2*



Gambar 4. 6 Asset objek 3D pada *environment 3*

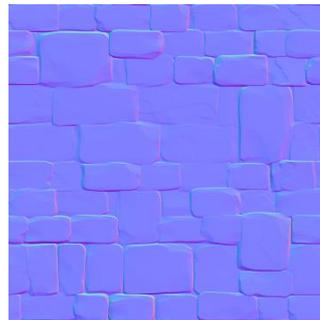
4.1.2. Texturing

Sub-bab ini telah disinggung pada *flowchart* yang dapat dilihat pada Gambar 3.1, pada *flowchart* tersebut dapat dilihat nomor 8 yang berisi “*Texturing character dan environmnet*” menuju pada sub-bab ini. Tahap texturing pada penelitian ini dilakukan menggunakan *substance painter*. Setelah dicoba beberapa *style* dalam membuat *texture*, penguji memutuskan untuk menggunakan *stylized texture*. Hal ini dikarenakan penggunaan *style* tersebut dapat memberi visual yang objektif menarik dan membantu untuk meningkatkan visual 2 dimensi dari animasi

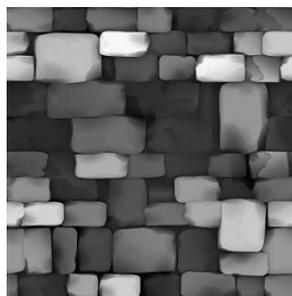
3 dimensi yang dikembangkan. Terdapat 3 macam *texture* yang digunakan pada 3D model, macam *texture* tersebut ialah *base color*, *normal map*, dan *height map*. Setiap *texture* memiliki fungsinya masing-masing yang nanti akan digunakan untuk mengembangkan *cel-shading*. Secara singkat fungsi dari setiap *texture* dapat dijabarkan sebagai berikut, dimulai dari *base color* yang berfungsi untuk memberi warna dan *pattern* dari objek 3D, *normal map* memberikan ilusi detail dan kedalaman pada permukaan objek 3D tanpa harus menambahkan detail fisik pada geometri objek, sedangkan *height map* berfungsi untuk menciptakan kedalaman dan elevasi pada permukaan objek. Hasil *texture* yang dibuat menggunakan *substance painter* dapat dilihat pada Gambar 4.7, 4.8, dan 4.9.



Gambar 4. 7 Base Color



Gambar 4. 8 Normal Map



Gambar 4. 9 Height Map

Pada Tabel 4.1 dapat dilihat perbandingan *asset* objek 3D yang menggunakan *texture* dan yang tidak menggunakan *texture*.

Tabel 4. 1 Perbandingan penerapan *texture* pada *asset* objek 3D

	Tanpa <i>Texture</i>		Penerapan <i>Texture</i>
a		d	
b		e	
c		f	

Pada Tabel 4.1 gambar a, b, dan c menunjukkan hasil render yang belum menggunakan *texture*. Sedangkan gambar d, e, dan f menunjukkan hasil render yang telah diberi *texture*. Dapat dilihat gambar a, b, dan c hanya memiliki warna tanpa detail pada setiap permukaan objek. Sedangkan gambar d, e, dan f memiliki detail dan *pattern* yang berbeda pada setiap permukaan objek, membuat hasil render lebih ekspresif dengan penggunaan *texture* yang sesuai.

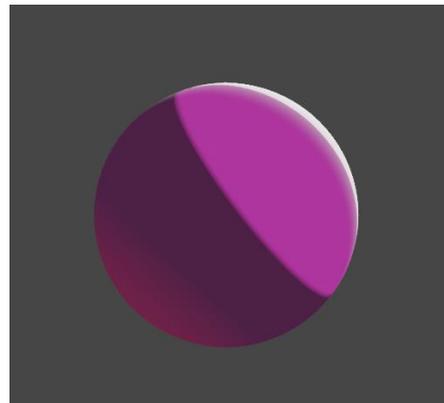
4.1.3 Cel-Shading Development

Sub-bab ini telah disinggung pada *flowchart* yang dapat dilihat pada Gambar 3.1, pada *flowchart* tersebut dapat dilihat nomor 10 yang berisi “Mengembangkan *cel-shading*” menuju pada sub-bab ini. Tahap ini merupakan bagian paling penting yang diperlukan untuk memodifikasi visual 3 dimensi agar terlihat seperti 2 dimensi. Pengembangan *cel-shading* pada penelitian ini dilakukan menggunakan *shader editor* dalam aplikasi *blender* dengan bantuan *blender python*. Pada tahap ini penguji akan menjabarkan serta mengevaluasi hasil pengembangan *cel-shader* yang dianggap telah berhasil membantu mencapai tujuan dari penelitian ini.

Pada Gambar 4.10 ditunjukkan perbandingan antar model 3D yang tidak menggunakan *shader default* dari *blender* dan model 3D yang telah melalui alur pengujian *cel-shader*. Untuk mencapai hasil tersebut penguji menggunakan *shader node* yang dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4. 10.a *Default Shader*



Gambar 4. 10.b *Cel Shader*

Gambar 4.10.a. menggunakan *default shader* dan dapat dilihat permukaan 3D masih memiliki efek bayangan dan highlight yang *soft* dan terpisah dengan gradasi. Sedangkan pada Gambar 4.10.b. yang telah menggunakan *cel-shader* efek antar

shadow dan *highlight* lebih tegas sehingga visual objek terlihat lebih *flat* dan lebih menyerupai visual 2 dimensi.

Pada Gambar 4.11 juga ditunjukkan perbandingan hasil render dari salah satu frame dari animasi yang digunakan dalam penelitian ini. Pada Gambar 4.11.a dapat dilihat penggunaan *default shader* sedangkan pada Gambar 4.11. menggunakan *cel-shader*.



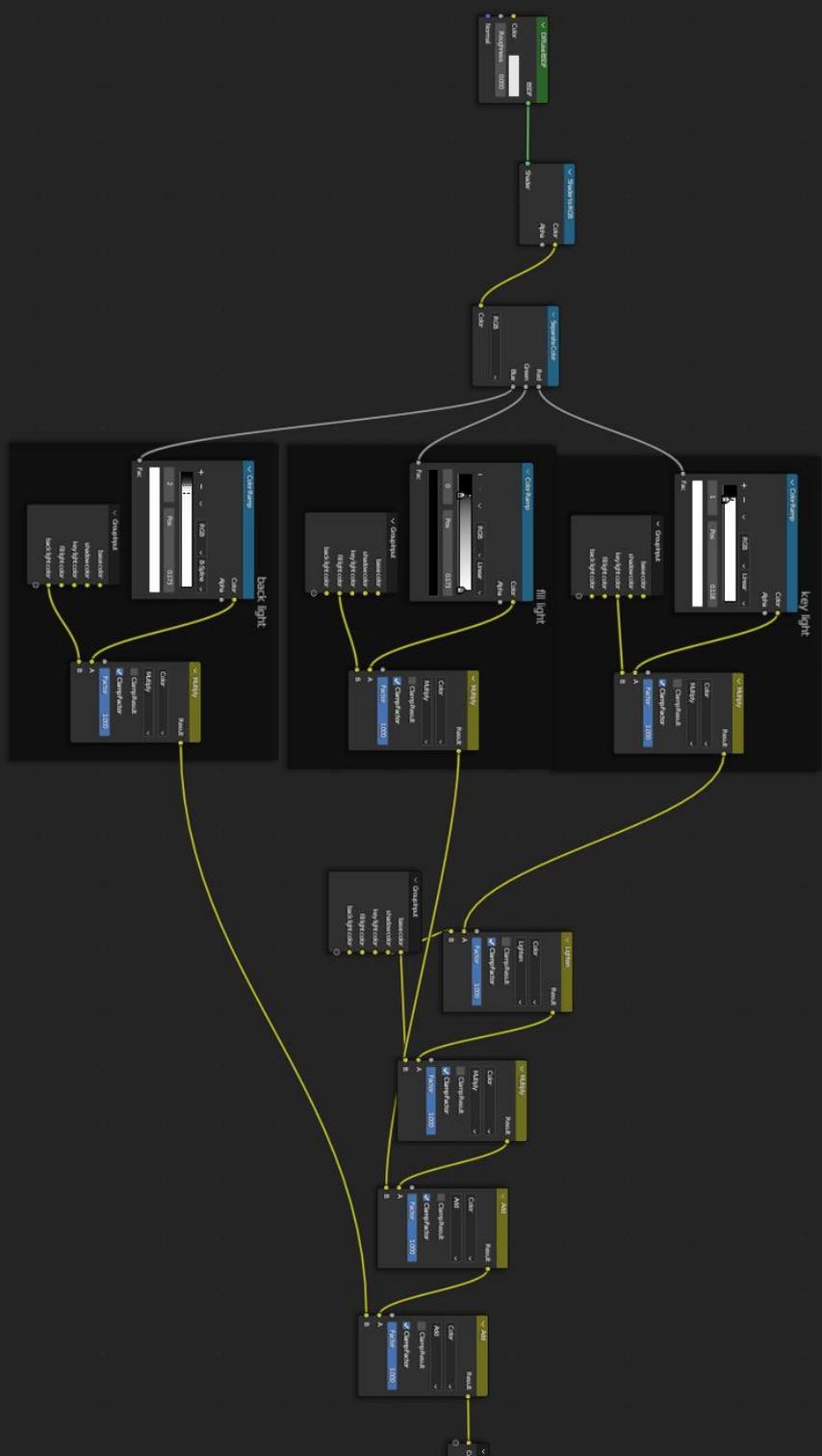
Gambar 4. 11.a *Environment Default Shader*



Gambar 4. 11.b *Environment Cel Shader*

Pada Gambar 4.11.a dapat dilihat *environment* yang masih menggunakan *default shader*, permukaan objek pada gambar tersebut lebih terlihat ber-*volume*. Dengan efek *shadow* yang lebih realistis, memperjelas nilai 3 dimensi pada objek. Sedangkan pada Gambar 4.11.b, penguji sudah menerapkan *cel-shader* kepada *environment*, membuat permukaan objek menjadi lebih halus sehingga terkesan lebih *flat* yang sejalan dengan nilai 2 dimensi. Efek *shadow* yang lebih terang juga membuat keseluruhan *environment* lebih *vibrant* yang sejalan dengan nilai 2 dimensi.

Untuk mengembangkan *cel-shader* dasar yang digunakan pada penelitian ini, tersebut penguji menggunakan *shader node* yang dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4. 12 *Shader Node Basic Cel-Shader*

Pada paragraf ini penguji akan menjelaskan langkah yang dilakukan pada Gambar 4.12. Pertama atur warna dari *node diffuse bsdf* menjadi putih, hubungkan *output bsdf* ke *node shader to RGB* yang *color output*-nya akan dihubungkan ke *node separate color*. *Node* ini berfungsi untuk memisahkan *color* berdasarkan merah, hijau, dan biru. *Output* merah dari *node separate color* akan dihubungkan ke *input fac* pada *node color ramp* yang terhubung dalam perkalian dengan warna *key light*. *Key light* adalah sumber cahaya utama yang digunakan untuk menerangi objek, selain *key light* terdapat juga sumber warna lain dengan fungsi yang berbeda-beda yaitu *fill light* yang berfungsi sebagai *back light* serta dapat digunakan untuk memisahkan *cast shadow*. Terakhir yaitu *rim light* yang berfungsi untuk memberi warna pada sisi objek. Ketiga sumber cahaya ini diberi nama *3 points lighting setup*. Kembali ke *node separate color*, *output* merah akan dihubungkan ke *input fac* pada *node color ramp* yang terhubung dalam perkalian dengan warna *fill light*. Terakhir *output* biru terhubung ke *node color ramp* yang terhubung dalam perkalian dengan warna *fill light*.

Hasil perkalian dari *color ramp* dan *key light* dari *output* merah akan digabungkan menggunakan efek *lighten* dengan warna dasar objek. Hasil perkalian dari *color ramp* dan *fill light* dari *output* hijau akan dikalikan dengan hasil penggabungan *key light* dan warna dasar objek. Sedangkan hasil perkalian dari *color ramp* dan *rim light* dari *output* biru akan ditambah dengan hasil-hasil sebelumnya menggunakan *node add*. *Node add* kemudian akan terhubung *node output* yang menghasilkan *cel-shader* yang dapat dilihat pada Gambar 4.10.

Pseudocode dari *shader node* yang sudah dijelaskan pada paragraf sebelumnya dapat dilihat di bawah ini:

```

# Membuat material baru untuk objek 3D
Buat Material

# Mengatur Diffuse Shader agar memiliki warna putih
Atur Warna Diffuse Shader menjadi Putih

# Menghubungkan Diffuse Shader ke Shader to RGB Node
Hubungkan Diffuse Shader ke Shader to RGB Node

# Menghubungkan Shader to RGB Node ke Separate Color Node
Hubungkan Shader to RGB Node ke Separate Color Node

# Menghubungkan output Red dari Separate Color Node ke Color Ramp
Node (Red)
Hubungkan Separate Color (Merah) ke Color Ramp (Merah)

# Menghubungkan output Green dari Separate Color Node ke Color Ramp
Node (Green)
Hubungkan Separate Color (Hijau) ke Color Ramp (Hijau)

# Menghubungkan output Blue dari Separate Color Node ke Color Ramp
Node (Biru)
Hubungkan Separate Color (Biru) ke Color Ramp (Biru)

# Menetapkan Color Ramp untuk warna Merah dikalikan dengan intensitas
lampu kunci
Kalikan Color Ramp (Merah) dengan Intensitas Lampu Kunci

# Menetapkan Color Ramp untuk warna Hijau dikalikan dengan intensitas
lampu isi
Kalikan Color Ramp (Hijau) dengan Intensitas Lampu Isi

# Menetapkan Color Ramp untuk warna Biru dikalikan dengan intensitas
lampu tepi
Kalikan Color Ramp (Biru) dengan Intensitas Lampu Tepi

# Menghubungkan output dari node Color Ramp ke input akhir shader
Hubungkan Color Ramp (Merah) ke Input Shader Akhir
Hubungkan Color Ramp (Hijau) ke Input Shader Akhir
Hubungkan Color Ramp (Biru) ke Input Shader Akhir

# Menetapkan material ke objek 3D

```

Menyesuaikan pengaturan Lampu Kunci, Lampu Isi, dan Lampu Tepi untuk mengontrol shading

Untuk memaksimalkan visual yang dituju, penguji menggunakan formula *cel-shading* yang agak berbeda pada setiap objek 3D. Contoh yang diberikan pada Gambar 4.10. merupakan dasar formula *cel-shading* yang digunakan dalam penelitian ini. Berikutnya penguji akan memaparkan hasil dari formula *cel-shading* pada beberapa objek 3D yang digunakan dalam produksi animasi.

Gambar 4.13.a. dan 4.13.b adalah perbandingan dari hasil penggunaan *cel-shading* pada modul bangunan yang telah dibahas pada poin 4.1.1. Gambar di sebelah kiri menunjukkan objek 3D bangunan yang menggunakan *default shader* dari blender. Sedangkan gambar di sebelah kanan menunjukkan objek 3D bangunan yang menggunakan *shader* yang telah dimodifikasi melalui penelitian ini.



Gambar 4. 13.a Objek 3D Bangunan *Default Shader*



Gambar 4. 13.b Objek 3D Bangunan *Cel Shader*

Pada Gambar 4.13.a objek 3D bangunan masih menggunakan *default shader*, objek bangunan memiliki *depth* yang jelas sehingga memperkuat kesan 3 dimensi pada gambar. Sedangkan Gambar 4.13.b yang telah menggunakan *cel shader*, penguji mengurangi efek *depth* yang umumnya pada objek untuk membuat objek terlihat lebih *flat*, warna dasar dari *texture* yang digunakan juga di-*enhance* untuk memberikan visual yang lebih *vibrant* yang mana hal ini sejalan dengan visual 2 dimensi yang ingin dicapai. Penguji juga menambahkan efek seperti cat air pada permukaan objek untuk menambah nilai 2 dimensi dan memberikan kesan *painting* saat bangunan ditata di *environment*.

Objek 3D bangunan menggunakan beberapa *material* pada setiap modulnya. Misal pada salah modul yang digunakan untuk merancang objek 3D bangunan yaitu modul tembok, peneliti menggunakan 3 *material* yaitu material *WoodTrim*, *WallExterior*, dan *WallInterior*. *Material* tersebut diterapkan di bagian-bagian berbeda pada modul tembok . Gambar 4.14. menunjukkan *shader node* yang

digunakan untuk menghasilkan material *WoodTrim* agar terlihat memiliki efek *painting*.

Gambar 4. 14 *Shader Node Material WoodTrim*

Pada paragraf ini pengujian akan menjelaskan langkah yang dilakukan pada Gambar 4.14. Buat *node texture coordinate* untuk mengatur *uv map* dari objek, hubungkan *output generated* dari *texture coordinate* ke *mapping* yang dapat digunakan untuk mengatur *transform* dari *texture* berdasarkan objek 3d-nya. *Node mapping* memiliki *output vector* yang dihubungkan ke *noise texture* yang digunakan untuk membuat efek *painting* pada material *WoodTrim*. *Node noise texture* digabungkan dengan normal objek menggunakan *node linear light*. Hasil dari *node linear light* dihubungkan ke *node voronoi texture* untuk memberi efek *painting* pada permukaan objek. *Output* posisi dari *voronoi texture* kemudian dihubungkan ke *input normal* dari *node principled bsdf*. *Node principled bsdf* diubah menjadi RGB menggunakan *node shader to rgb* yang kemudian dihubungkan ke *color ramp* yang digunakan untuk mengatur warna dari efek *painting*. Pada kasus ini pengujian mengatur 3 warna pada *node color ramp* dengan *hex* # 5A4026, # A66E27, dan # DECE88.

Texture yang digunakan dalam material *WoodTrim* dihubungkan ke *color ramp* berbeda agar terpisah dari pengaturan warna efek *painting*. *Node color ramp* yang terhubung ke *texture* material diberi 2 warna dengan kode *hex* #956C76 dan # FFFDF8. Kedua *node color ramp* ini menggunakan interpolasi *b-spline* yang berfungsi untuk memperkuat pemisahan dari setiap warna atau untuk mengurangi efek *blend* dari gradasi warna yang dipilih.

Shader Node pada Gambar 4.14 dapat dijabarkan pula dalam *blender python* yang dapat dilihat di bawah ini:

```
# Membuat material baru untuk objek 3D
```

Buat Material dengan nama 'T_WoodTrim' jika belum ada

Mengatur material agar menggunakan node

Jika material baru telah dibuat, atur penggunaan node pada material

Mengatur node pada node tree material

Bersihkan semua node yang sudah ada di node tree material

Membuat node baru untuk Output Material

Buat node Output Material:

- Atur warna menjadi (0.608, 0.608, 0.608)
- Aktifkan sebagai output utama

Membuat node Image Texture

Buat node Image Texture:

- Atur sumber gambar 'T_WoodTrim_02_C.png'
- Atur parameter lainnya

Membuat node Mix

Buat node Mix:

- Atur tipe campuran dan parameter lainnya

Membuat node Principled BSDF

Buat node Principled BSDF:

- Atur parameter untuk shader

Membuat node Voronoi Texture

Buat node Voronoi Texture:

- Atur parameter untuk tekstur

Membuat node Geometry

Buat node Geometry:

- Atur parameter untuk geometry

Membuat node Noise Texture

Buat node Noise Texture:

- Atur parameter untuk tekstur noise

Membuat node Shader to RGB

Buat node Shader to RGB

Membuat node Group

Buat node Group:

- Jika 'Poliigon Uber Mapping.002' tersedia, tambahkan ke node
- Atur parameter pada node group

```

# Membuat node Texture Coordinate
Buat node Texture Coordinate
  - Atur parameter untuk koordinat tekstur

# Membuat node Mapping
Buat node Mapping
  - Atur parameter untuk pemetaan koordinat tekstur

# Membuat node Color Ramp (dua buah)
Buat node Color Ramp:
  - Atur parameter untuk ramp warna

# Menghubungkan node-node dalam node tree material
Hubungkan Output Principled BSDF ke Input Shader to RGB
Hubungkan Shader to RGB ke Color Ramp
Hubungkan Color Ramp ke Input Mix
Hubungkan Output Voronoi Texture ke Input Principled BSDF
Hubungkan Output Geometry ke Input Mix
Hubungkan Output Noise Texture ke Input Mix
Hubungkan Output Mix ke Input Material Output
Hubungkan Color Ramp ke Input Mix
Hubungkan Output Texture Coordinate ke Input Group
Hubungkan Output Mapping ke Input Noise Texture
Hubungkan Output Image Texture ke Input Color Ramp

```

Selanjutnya pengujian akan menjabarkan hasil penelitian *cel-shading* pada objek 3D karakter. Objek 3D karakter menggunakan banyak *material* seperti *material* jaket, kulit, mata, dan sebagainya. Pada pembahasan ini peneliti akan mengambil salah satu sampel *material* untuk dijabarkan, peneliti akan menjabarkan *material* jaket yang diberi nama *JacketInside*. Objek 3D karakter dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4. 15.a Objek 3D Karakter *Default Shader*



Gambar 4. 15.b Objek 3D Karakter *Cel Shader*

Pada Gambar 4.15.a objek 3D karakter masih menggunakan *default shader* dan dapat dilihat karakter masih terlihat seperti objek 3D ditandai dengan efek *shadow* dan *highlight* yang halus dan realistis. Pada bagian wajah dapat dilihat perpindahan antara bagian wajah yang terkena cahaya dan yang tidak terlihat halus. Sisi dari permukaan objek juga terlihat lebih keras sehingga memberikan *volume* yang sejalan dengan nilai 3 dimensi. Sedangkan pada Gambar 4.15.b yang telah

menggunakan *cel shader*, perpisahan antar *shadow* dan *highlight* dibuat lebih tegas, hal ini dapat dilihat pada bagian wajah dimana bagian yang terkena cahaya dan tidak dipisahkan oleh garis. Bagian sisi dari objek juga diperhalus agar menghilangkan nilai *depth* dan *volume* yang umumnya ada pada objek 3D. Penguji juga memperhalus warna dasar dari *material* objek 3D karakter untuk membuat visual yang lebih *vibrant*.

Pada Gambar 4.16 juga ditunjukkan perbandingan objek 3D karakter yang telah diintegrasikan dengan *environment* yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 4. 16.a Objek 3D Karakter di *Environment Default Shader*



Gambar 4. 16.b Objek 3D Karakter di *Environment Cel Shader*

Shader node yang digunakan untuk menghasilkan *material JacketInside* dapat dilihat pada Gambar 4.17. dan 4.18.

Gambar 4. 17 *Shader Node Material JacketInside 1*

Gambar 4. 18 *Shader Node Material JacketInside 2*

Pada paragraf ini pengujian akan menjelaskan proses dari hasil penelitian dari material *JacketInside*. Dapat dilihat pada Gambar 4.16 dan 4.17. Material *JacketInside* menggunakan beberapa *texture* untuk memberi hasil yang diinginkan, yang pertama ialah *texture M_Jacket_Trim* yang berfungsi untuk memisahkan warna jaket dari warna ujung jaket. *Texture M_Jacket_Trim* kemudian dihubungkan ke *node* gabungan yang diberi nama *ColorMixing_InnerJacket*. *Node* gabungan ini berfungsi untuk memisahkan warna *highlight* dan *shadow* dari material *JacketInside*, hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.17 di mana pengujian memisahkan *group input* berdasarkan *light color* dan *dark color*. *Group input* tersebut dapat diisi *value* berupa warna yang dapat mengatur warna dari material *JacketInside*. *Light color* memberikan warna utama dari objek jaket sedangkan *dark color* memberikan warna bayangan dari material jaket. Mengacu pada Gambar 4.16, *group input* warna-warna tersebut terhubung ke *node color swap* yang berfungsi untuk memisahkan efek gelap dan terang. Selanjutnya *output color light* dan *color dark* dari *node color swap* terhubung ke *node dillon* yang berfungsi untuk memberi warna aksen dari material *JacketInside*. Proses ini akan dikalikan dengan normal objek yang kemudian terhubung ke *node material output*. Hasilnya dari *material output JacketInside* dapat dilihat pada Gambar 4.15.

Berikut *pseudocode* yang digunakan untuk membuat *material JacketInside*:

```
import bpy
JIKA material 'JacketInside' tidak tersedia:
    Buat material baru dengan nama 'JacketInside'

JIKA material baru 'JacketInside' telah dibuat:
    Aktifkan penggunaan node untuk material 'JacketInside'
```

Hapus semua node yang ada dalam node tree dari material 'JacketInside'

Buat node 'Output Material' dalam node tree dari 'JacketInside':

- Atur warna menjadi (0.608, 0.608, 0.608)
- Jadikan sebagai output aktif

Buat node 'ShaderNodeTexImage' dalam node tree dari 'JacketInside':

- Atur sumber gambar menjadi 'M_Bracelet.png'
- Konfigurasi parameter lain sesuai kebutuhan

Buat node 'ShaderNodeRGB' dalam node tree dari 'JacketInside':

- Atur warna menjadi (0.608, 0.608, 0.608)

Buat node 'ShaderNodeGroup' dalam node tree dari 'JacketInside':

- Jika 'DillonEeveeToonShader.002' tidak tersedia, beri label "Missing Node Group: 'DillonEeveeToonShader.002'"
- Atur parameter dalam node group sesuai kebutuhan

Buat node 'ShaderNodeTexImage' dalam node tree dari 'JacketInside':

- Atur sumber gambar menjadi 'M_Jacket_Detail.png'
- Konfigurasi parameter lain sesuai kebutuhan

Buat node 'ShaderNodeTexImage' dalam node tree dari 'JacketInside':

- Atur sumber gambar menjadi 'M_Shirt.png'
- Konfigurasi parameter lain sesuai kebutuhan

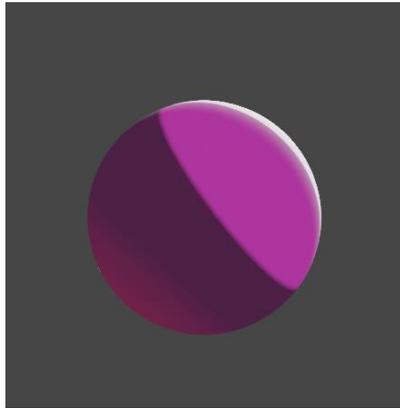
Buat node lainnya sesuai kebutuhan.

Sambungkan node dalam node tree 'JacketInside' sebagai berikut:

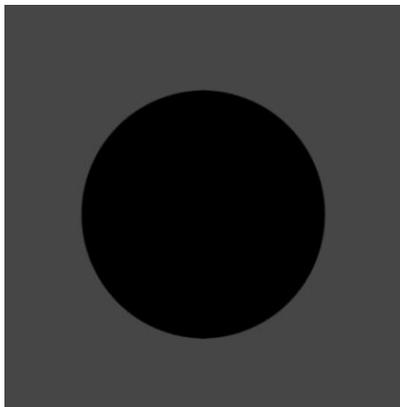
- Sambungkan keluaran 'Image Texture.002' ke masukan 'Group'
- Sambungkan keluaran 'Image Texture.005' ke masukan 'Group'
- Sambungkan keluaran 'Group.002' ke masukan 'Group.001'
- Sambungkan keluaran 'Image Texture.002' ke masukan 'Group.003'
- Sambungkan keluaran 'Image Texture.005' ke masukan 'Group.003'
- Sambungkan keluaran 'Group.004' ke masukan 'Group.001'
- Sambungkan keluaran 'Group.004' ke masukan 'Group.001'
- Sambungkan keluaran 'Group' #0 ke masukan 'Group.004'
- Sambungkan keluaran 'Group.003' #0 ke masukan 'Group.004'
- Sambungkan keluaran 'Group.003' #1 ke masukan 'Group.004'
- Sambungkan keluaran 'Group' #1 ke masukan 'Group.004'
- Sambungkan keluaran 'Diffuse BSDF' ke masukan 'Shader to RGB'
- Sambungkan keluaran 'Shader to RGB' ke masukan 'Mix'
- Sambungkan keluaran 'Group.001' ke masukan 'Mix'
- Sambungkan keluaran 'Geometry' ke masukan 'Vector Math'
- Sambungkan keluaran 'Object Info' ke masukan 'Vector Math'

- Sambungkan keluaran 'Vector Math' #1 ke masukan 'Mix.001'
- Sambungkan keluaran 'Geometry' #1 ke masukan 'Mix.001'
- Sambungkan keluaran 'Vector Math' #0 ke masukan 'Mix.001'
- Sambungkan keluaran 'Mix.001' #2 ke masukan 'Diffuse BSDF'
- Sambungkan keluaran 'Emission Viewer' ke masukan 'Material Output'
- Sambungkan keluaran 'Mix' #2 ke masukan 'Emission Viewer'

Pada penelitian juga digunakan *outlines* sebagai salah satu parameter yang dibutuhkan untuk membuat objek 3D yang menyerupai visual 2D. *Outlines* pada penelitian ini dikembangkan dengan menggunakan material yang terpisah dari material yang memberikan warna pada objek. Salah satu komponen yang digunakan untuk membuat *outlines* pada penelitian ialah *solidify*, yaitu salah satu *modifier* dalam aplikasi blender yang berfungsi untuk memberikan ketebalan dalam objek 3D. Material *outlines* ini harus diletakkan pada *list* paling akhir di daftar material sebagai lapisan terluar dari semua material. Penerapan *outlines* ini bekerja dengan cara memodifikasi normal dari objek 3D. Normal dalam konteks objek 3D merujuk pada vektor normal atau vektor tegak lurus terhadap permukaan objek pada setiap titik pada permukaan tersebut. Normal ini menggambarkan arah atau orientasi dari permukaan objek dan digunakan dalam proses *rendering* untuk mengatur pencahayaan dan *shading*. Untuk kebutuhan pembuatan *outlines*, orientasi normal perlu dibalik agar menghasilkan warna lapisan yang mengelilingi objek. Objek 3D dengan orientasi normal yang dibalik dapat dilihat pada Gambar 4.19.

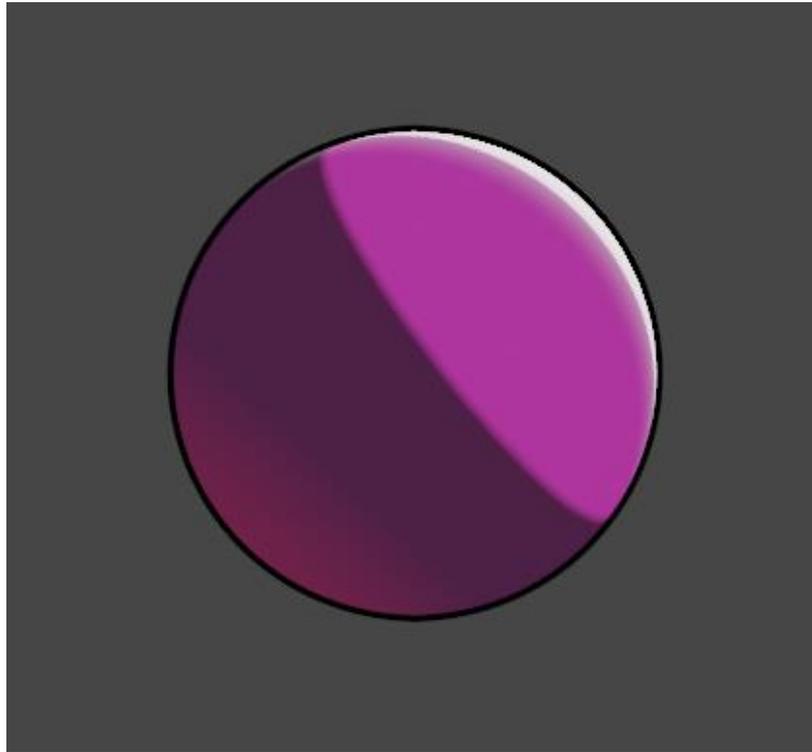


Gambar 4. 19.a Objek dengan Orientasi Normal *Default*



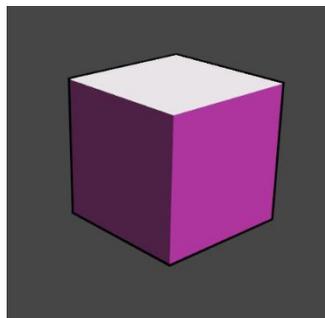
Gambar 4. 19.b Objek dengan Orientasi Normal Terbalik

Setelah memodifikasi orientasi dari normal objek 3D, perlu dilakukan *backface culling*. *Backface culling* adalah teknik dalam grafika komputer yang menghilangkan *rendering* atau penampilan poligon yang menghadap ke arah yang berlawanan dengan kamera. Dengan menghilangkan poligon dari material *outlines*, akan didapatkan efek seperti garis yang mengelilingi objek. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.20.

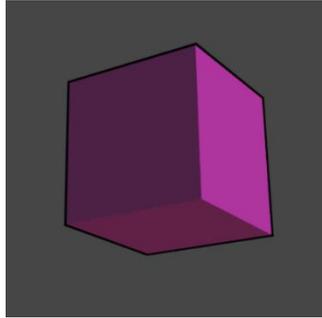


Gambar 4. 20 Hasil Akhir *Outlines*

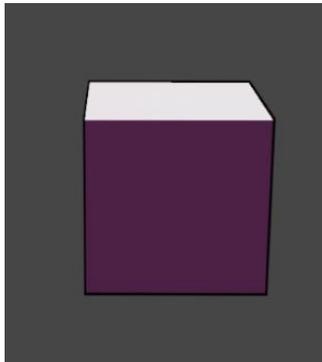
Outlines yang dikembangkan dalam penelitian juga bersifat dinamik dimana jika objek dilihat dari berbagai sisi *outlines* tetap akan terlihat relatif sama. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.21 yang menunjukkan objek 3D *cube* dari berbagai sisi.



Gambar 4. 21.a *Outlines* dilihat dari sisi atas



Gambar 4. 21.b *Outlines* dilihat dari sisi bawah



Gambar 4. 21.c *Outlines* dilihat dari sisi depan

Pada Gambar 4.21.a, 4.21.b, dan 4.21.c menunjukkan objek *cube* dari 3 sisi berbeda, fitur dinamik pada *outlines* yang telah dikembangkan membuat perputaran objek tidak mempengaruhi visual dari *outlines*. Sehingga *outlines* masih terlihat jelas walaupun objek dilihat dari sisi yang berbeda-beda.

Pada penelitian ini, efek *outlines* digunakan oleh karakter yang dapat dilihat pada Gambar 4.22. Gambar 4.22.a menunjukkan penggunaan *cel-shader* tepat menggunakan *outlines*, sedangkan bagian bawah pada Gambar 4.22.b menunjukkan penggunaan *outlies* pada karakter.



Gambar 4. 22.a Karakter Tanpa *Outlines*



Gambar 4. 22.b Karakter dengan *Outlines*

Pada Gambar 4.23 juga ditunjukkan perbandingan pada objek karakter yang telah diintegrasikan dengan *environment* yang digunakan dalam penelitian ini. Pada Gambar 4.23.a dapat dilihat karakter pada *environment* tanpa menggunakan *outlines*, sedangkan Gambar 4.23.b menunjukkan karakter yang telah diberi *outline*.



Gambar 4. 23.a Karakter di *Environment* Tanpa *Outlines*



Gambar 4. 23.b Karakter di *Environment* dengan *Outlines*

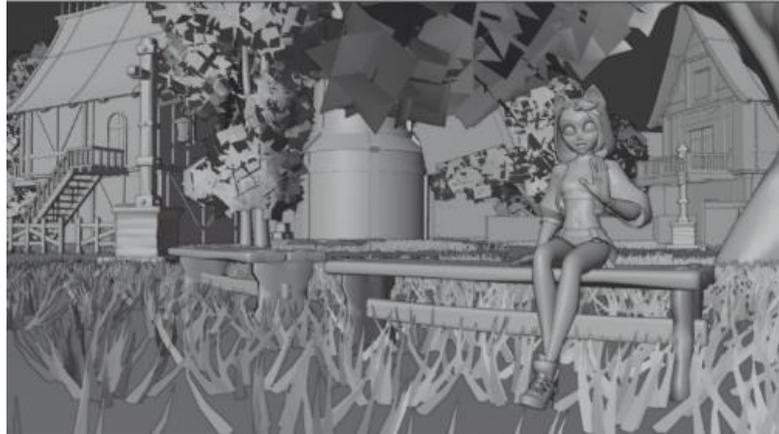
Gambar 4.23.b dimana karakter telah menggunakan fitur dinamik *outlines* dapat dilihat karakter lebih menonjol di-*environment* dibandingkan Gambar 4.23.a dimana karakter masih belum menggunakan *outlines*. Perpisahan antar karakter dan *environment* dapat lebih ditegaskan dengan penggunaan *outlines*. Penggunaan *outlines* juga memberikan nilai 2 dimensi tambahan karena kemiripannya pada gambar 2 dimensi umumnya yang memiliki *line* disekitar objek.

Parameter berikutnya yang membantu keberhasilan penelitian ini adalah teknik render atau *rendering technique*. Blender, sebagai aplikasi perangkat lunak yang kaya fitur, memiliki beragam jenis render yang dapat dipilih. Dalam penelitian ini, penguji telah melakukan eksperimen dengan berbagai jenis teknik render yang tersedia dalam Blender. Dari serangkaian uji coba tersebut, penulis menemukan bahwa teknik render Eevee menunjukkan keunggulan yang sangat cocok dan sesuai untuk mengembangkan animasi 3D dengan nuansa visual 2D yang diinginkan. Dengan kemampuannya dalam memberikan tampilan *real-time* dan visualisasi yang cepat, *Eevee* memberikan hasil yang optimal sesuai dengan kebutuhan proyek, menjadikannya pilihan utama dalam pengembangan animasi dengan gaya 2D. Dengan demikian, penggunaan teknik render ini menjadi pilihan yang tepat dalam pencapaian hasil visual yang diharapkan dalam proyek animasi ini. Pada Tabel 4.2 ditunjukkan perbandingan hasil render antara penggunaan *evee* dan penggunaan teknik render lain.

Tabel 4. 2 Perbandingan hasil render *eevee* dan *cycles*

	<i>Eevee</i>	<i>Cycles</i>	
a		d	
b		e	
c		f	

Setelah semua parameter *cel-shader*, *outlines*, dan *technique render* diterapkan, dapat dilihat perbandingannya dari awal hingga akhir pada gambar 4.24.



Gambar 4. 24.a Tahap Pengembangan *Cel Shader* 1



Gambar 4. 24.b Tahap Pengembangan *Cel Shader* 2



Gambar 4. 24.c Tahap Pengembangan *Cel Shader* 3



Gambar 4. 24.d Tahap Pengembangan *Cel Shader* 4



Gambar 4. 24.e Tahap Pengembangan *Cel Shader* 5



Gambar 4. 24.f Tahap Pengembangan *Cel Shader* 6

Pada Gambar 4.24 a, dapat dilihat salah satu *frame* gambar dari proyek animasi yang belum di-render. Selanjutnya pada Gambar 4.24 b, gambar telah di-render namun belum memiliki *texture*. Pada Gambar 4.24 c, gambar telah diberi *texture* namun masih menggunakan *cycles render* dan *default shader*. Pada Gambar 4.24 d, gambar telah di-render menggunakan *eevee render* namun masih menggunakan *default shader*. *Cel-shader* mulai diterapkan pada gambar nomor 5. Pada Gambar 4.24 e, namun bisa dilihat gambar nomor 5 masih belum menggunakan *outlines* pada objek 3D karakter. Hasil akhir yaitu pada Gambar 4.24 f, gambar sudah menggunakan setiap parameter yang dibutuhkan dalam mengembangkan *cel-shader* yaitu *lighting*, pengembangan *cel-shader* dengan menggunakan *shader programs* dan modifikasi normal, penggunaan *dynamic outlines*, dan teknik *render eevee*.

4.1.4. Rigging

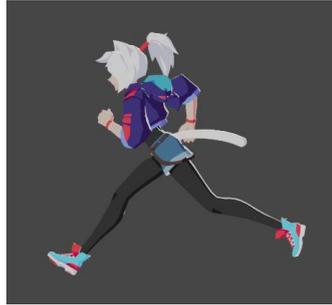
Sub-bab ini telah disinggung pada *flowchart* yang dapat dilihat pada Gambar 3.1, pada *flowchart* tersebut dapat dilihat nomor 9 yang berisi “*Rigging character*” menuju pada sub-bab ini. Pada penelitian ini peneliti menggunakan *rigify* pada aplikasi blender untuk mempercepat proses *rigging*. Proses ini mencakup *setup rig* sesuai dengan struktur tubuh karakter. Lakukan *weight painting* untuk mengatur pengaruh dari setiap *rig* pada setiap bagian dari tubuh karakter. Selanjutnya *generate rigify* dan aplikasi akan memberikan *driver* dalam bentuk geometri yang dapat mempermudah proses pembuatan animasi. Hasil *rigging* dengan menggunakan *rigify* dapat dilihat pada Gambar 4.25.



Gambar 4. 25 Rig Karakter

4.1.5. Animation

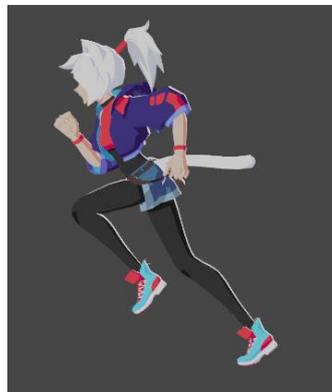
Sub-bab ini telah disinggung pada *flowchart* yang dapat dilihat pada Gambar 3.1, pada *flowchart* tersebut dapat dilihat nomor 14 yang berisi “*Character animation*” menuju pada sub-bab ini. Animasi yang dikembangkan pada penelitian ini mencakup animasi karakter, dan animasi *environment*. Pada animasi karakter, penguji menerapkan 12 prinsip animasi untuk membuat animasi yang *fluid* dan tidak kaku. Contoh salah satu animasi yang dikembangkan yaitu animasi lari, animasi ini memiliki 3 pose dasar yang dapat dilihat pada Gambar 4.26. Pose dasar ini berfungsi sebagai pondasi dalam membuat animasi berlari yang diinginkan. Dari pose dasar tersebut penguji mengembangkannya menjadi animasi berlari yang terdiri dari 20 *frame*.



Gambar 4. 26.a Pose Dasar Animasi Lari 1



Gambar 4. 26.b Pose Dasar Animasi Lari 2



Gambar 4. 26.c Pose Dasar Animasi Lari 3

Gambar 4.26.a menunjukkan pose dasar animasi lari bagian tengah ketika karakter sudah berlari. Gambar 4.26.b menunjukkan pose dasar animasi lari bagian akhir saat karakter memijak kaki ke tanah. Sedangkan Gambar 4.26.c menunjukkan pose dasar animasi lari di awal ketika karakter mulai berlari.

Berikutnya yaitu animasi yang terjadi di *environment* seperti animasi pohon atau rumput yang melambai. Animasi pada *environment* bertujuan untuk membuat suasana terkesan hidup. Contoh animasi yang dikembangkan yaitu animasi rumput. Rumput pada penelitian ini dibuat menggunakan *particle settings* pada aplikasi blender. Untuk membuat animasi pada rumput tersebut diperlukan simulasi angin. Simulasi ini dibuat dengan menggunakan fitur bernama *force field* yang dapat memberi efek angin pada objek, pada penelitian ini penguji menggunakan salah fitur *force field* yaitu *turbulence*. Pada fitur ini dapat diatur beberapa variabel untuk membuat efek angin sesuai kebutuhan. Gambar 4.27. menunjukkan rumput yang dipakai untuk diberikan efek angin.

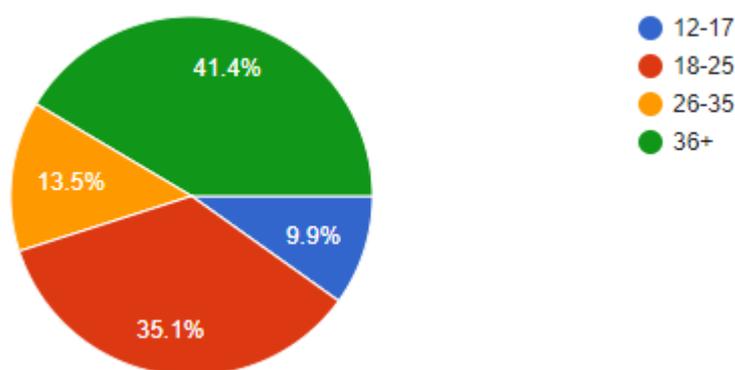


Gambar 4. 27 Rumput dengan Efek Angin

4.2. Pembahasan

Bagian ini memaparkan hasil pengujian untuk pernyataan masalah “Apakah penggunaan *cel-shading* dapat menghasilkan visual 3 Dimensi yang menarik dan menyerupai visual 2 Dimensi?” dengan rencana uji coba yang sudah dipaparkan

pada bab 3. Seperti yang telah dipaparkan pada bab 3 pengujian dilakukan menggunakan metode uji coba *desirability testing*. Pengujian ini berhasil mengumpulkan 110 responden yang mulai dari rentang usia 12-17 (11 responden), 18-25 (39 responden), 26-35 (15 responden), dan 36 (46 responden) ke atas. Pembagian dari rentang umur tersebut dilihat pada Gambar 4.28.



Gambar 4. 28 Pie chart Pembagian Rentang Usia Responden

Tabel 4.3 menunjukkan hasil dari metode uji coba *desirability testing*. Dari beberapa kata yang telah disediakan pada bab 3 untuk mendeskripsikan hasil animasi, berikut adalah kata yang paling sering dipilih oleh responden.

Tabel 4. 3 Hasil pengujian *desirability testing*

No.	Kata untuk Mendeskripsikan Visual	Jenis Kata	Jumlah responden	% dari responden yang memilih kata tersebut
1.	Beautiful	Positif	87 responden	77.7%
2.	Attractive	Positif	67 responden	59.8%
3.	Colorful	Netral	66 responden	58.9%
4.	Stylized	Positif	46 responden	41.1%
5.	Vibrant	Netral	45 responden	40.2%
6.	Toon	Positif	44 responden	39.3%
7.	2D-like	Positif	43 responden	38.4%
8.	Innovative	Positif	41 responden	36.6%
9.	Painting	Positif	39 responden	34.8%
10.	Detailed	Netral	31 responden	27.7%
11.	Calming	Netral	27 responden	24.1%

12.	Non-realistic	Positif	20 responden	17.9%
13.	Complex	Netral	15 responden	13.4%
14.	Anime	Positif	13 responden	11.6%
15.	3D-like	Negatif	13 responden	11.6%
16.	Disney	Negatif	9 responden	8%
17.	Realistic	Negatif	9 responden	8%
18.	Graphic	Negatif	8 responden	7.1%
19.	Simple	Positif	5 responden	4.5%
20.	Flat	Negatif	0 responden	0%
21.	Boring	Negatif	0 responden	0%
22.	Ugly	Negatif	0 responden	0%
23.	Weird	Negatif	0 responden	0%
24.	Cheap	Negatif	0 responden	0%
25.	Plain	Negatif	0 responden	0%

Seperti yang dapat dilihat pada tabel di atas, dari 10 kata yang paling sering dipilih oleh responden, terdapat 7 kata positif yang berhubungan dengan tujuan dari penelitian ini. 7 kata tersebut ialah *beautiful*, *attractive*, *stylized*, *toon*, *2D-like*, *innovative*, dan *painting*. Selain itu terdapat juga 3 kata netral yaitu *colorful*, *vibrant*, dan *detailed*. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa kebanyakan responden sudah menganggap visual yang disediakan objektif menarik dan menyerupai visual 2D. Namun masih ada sebagian kecil responden yang menganggap hasil visual yang dikembangkan pada penelitian ini lebih terlihat seperti 3D.

Selanjutnya penguji akan menunjukkan tabel hasil *desirability testing* yang dipisahkan berdasarkan rentang usia yang sudah ditentukan. Tabel 4.4 menunjukkan hasil *testing* pada rentang usia 18-25. Dari 110 responden terdapat 40 responden yang bersal dari rentang usia ini.

Tabel 4. 4 Hasil pengujian *desirability testing* rentang usia 18-25

No.	Kata untuk Mendeskripsikan Visual	Jenis Kata	Jumlah responden	% dari responden yang memilih kata tersebut
1.	Beautiful	Positif	31 responden	77.5%
2.	Colorful	Netral	26 responden	65%
3.	Attractive	Positif	23 responden	57.5%
4.	Painting	Positif	19 responden	47.5%
5.	Toon	Positif	18 responden	45%
6.	2D-like	Positif	18 responden	45%
7.	Vibrant	Netral	18 responden	45%
8.	Detailed	Netral	14 responden	35%
9.	Innovative	Positif	12 responden	30%
10.	Non-realistic	Positif	11 responden	27.5%
11.	Calming	Netral	11 responden	27.5%
12.	Stylized	Positif	11 responden	27.5%
13.	Complex	Netral	7 responden	17.5%
14.	3D-like	Negatif	6 responden	15%
15.	Anime	Positif	4 responden	10%
16.	Disney	Negatif	3 responden	7.5%
17.	Realistic	Negatif	3 responden	7.5%
18.	Graphic	Negatif	2 responden	5%
19.	Simple	Positif	1 responden	2.5%
20.	Flat	Negatif	0 responden	0%
21.	Boring	Negatif	0 responden	0%
22.	Ugly	Negatif	0 responden	0%
23.	Weird	Negatif	0 responden	0%
24.	Cheap	Negatif	0 responden	0%
25.	Plain	Negatif	0 responden	0%

Pada responden dengan rentang usia 18-25, dari 10 kata yang paling sering dipilih untuk mendeskripsikan hasil animasi, terdapat 7 kata positif yang paling sering berulang yaitu *beautiful*, *attractive*, *painting*, *toon*, *2D-like*, *innovative*, dan *non-realistic*. Berikutnya terdapat juga 3 deskripsi netral dari 10 kata paling tersebut yaitu *colorful*, *vibrant* dan *detailed*. Dibandingkan dengan hasil responden dari *desirability testing* secara keseluruhan, responden dalam rentang usia ini memiliki persentase deskripsi *non-realistic* yang lebih tinggi namun persentase deskripsi *stylized* yang lebih rendah. Selain yang telah disimpulkan pada tabel

sebelumnya, dari sini bisa diambil kesimpulan lain bahwa responden dengan rentang usia 18-25 sudah menganggap visual yang dikembangkan dalam penelitian ini objektif menarik dan menyerepuai visual 2D lebih dari sisi *non-realistic*-nya daripada sisi *stylized*-nya.

Tabel 4. 5 Hasil pengujian *desirability testing* rentang usia 36 ke atas

No.	Kata untuk Mendeskripsikan Visual	Jenis Kata	Jumlah responden	% dari responden yang memilih kata tersebut
1.	Beautiful	Positif	37 responden	80.4%
2.	Attractive	Positif	28 responden	60.9%
3.	Colorful	Netral	27 responden	58.7%
4.	Stylized	Positif	17 responden	42.5%
5.	2D-like	Positif	17 responden	37%
6.	Innovative	Positif	17 responden	37%
7.	Vibrant	Netral	17 responden	37%
8.	Complex	Netral	5 responden	37%
9.	Toon	Positif	11 responden	23.2%
10.	Painting	Positif	10 responden	21.7%
11.	Detailed	Netral	7 responden	15.2%
12.	Non-realistic	Positif	6 responden	13%
13.	Calming	Netral	5 responden	10.9%
14.	Anime	Positif	5 responden	10.9%
15.	Disney	Negatif	3 responden	6.5%
16.	3D-like	Negatif	1 responden	2.2%
17.	Graphic	Negatif	1 responden	2.2%
18.	Simple	Positif	1 responden	2.2%
19.	Realistic	Negatif	0 responden	0%
20.	Flat	Negatif	0 responden	0%
21.	Boring	Negatif	0 responden	0%
22.	Ugly	Negatif	0 responden	0%
23.	Weird	Negatif	0 responden	0%
24.	Cheap	Negatif	0 responden	0%
25.	Plain	Negatif	0 responden	0%

Dari 10 kata yang paling sering dipilih, responden dengan rentang usia 36 tahun ke atas paling sering mengambil 7 kata positif berikut untuk mendeskripsikan hasil visual dari penelitian ini; *beautiful*, *attractive*, *colorful*, *stylized*, *2D-like*,

innovative, *toon*, dan *painting*. Sedangkan 3 kata sisanya bersifat netral yaitu *colorful*, *vibrant*, dan *complex*. Hasil ini mirip dengan hasil dari tabel 4.3 di mana responden sudah menganggap bahwa hasil visual dari penelitian ini menarik dan telah menyerupai visual 2D.

Tabel 4. 6 Hasil pengujian desirability testing usia 12-17

No.	Kata untuk Mendeskripsikan Visual	Jenis Kata	Jumlah responden	% dari responden yang memilih kata tersebut
1.	Stylized	Positif	11 responden	100%
2.	Beautiful	Positif	9 responden	81.8%
3.	Toon	Positif	7 responden	63.6%
4.	Attractive	Positif	6 responden	54.5%
5.	Painting	Positif	6 responden	54.5%
6.	Colorful	Netral	5 responden	45.4%
7.	Vibrant	Netral	5 responden	45.4%
8.	Detailed	Netral	5 responden	45.4%
9.	Innovative	Positif	5 responden	45.4%
10.	Non-realistic	Positif	4 responden	36.4%
11.	Calming	Netral	4 responden	36.4%
12.	3D-like	Negatif	4 responden	36.4%
13.	Anime	Positif	3 responden	27.3%
14.	Graphic	Negatif	3 responden	27.3%
15.	Realistic	Negatif	1 responden	18.2%
16.	Complex	Netral	1 responden	18.2%
17.	2D-like	Positif	2 responden	18.2%
18.	Simple	Positif	2 responden	18.2%
19.	Disney	Negatif	0 responden	0%
20.	Flat	Negatif	0 responden	0%
21.	Boring	Negatif	0 responden	0%
22.	Ugly	Negatif	0 responden	0%
23.	Weird	Negatif	0 responden	0%
24.	Cheap	Negatif	0 responden	0%
25.	Plain	Negatif	0 responden	0%

Responden pada rentang usia 12-17 memiliki kata populer yang sama dengan responden pada rentang 18-25. Namun dapat dilihat juga di sini terdapat lebih banyak response yang mendeskripsikan hasil visual dari penelitian ini lebih

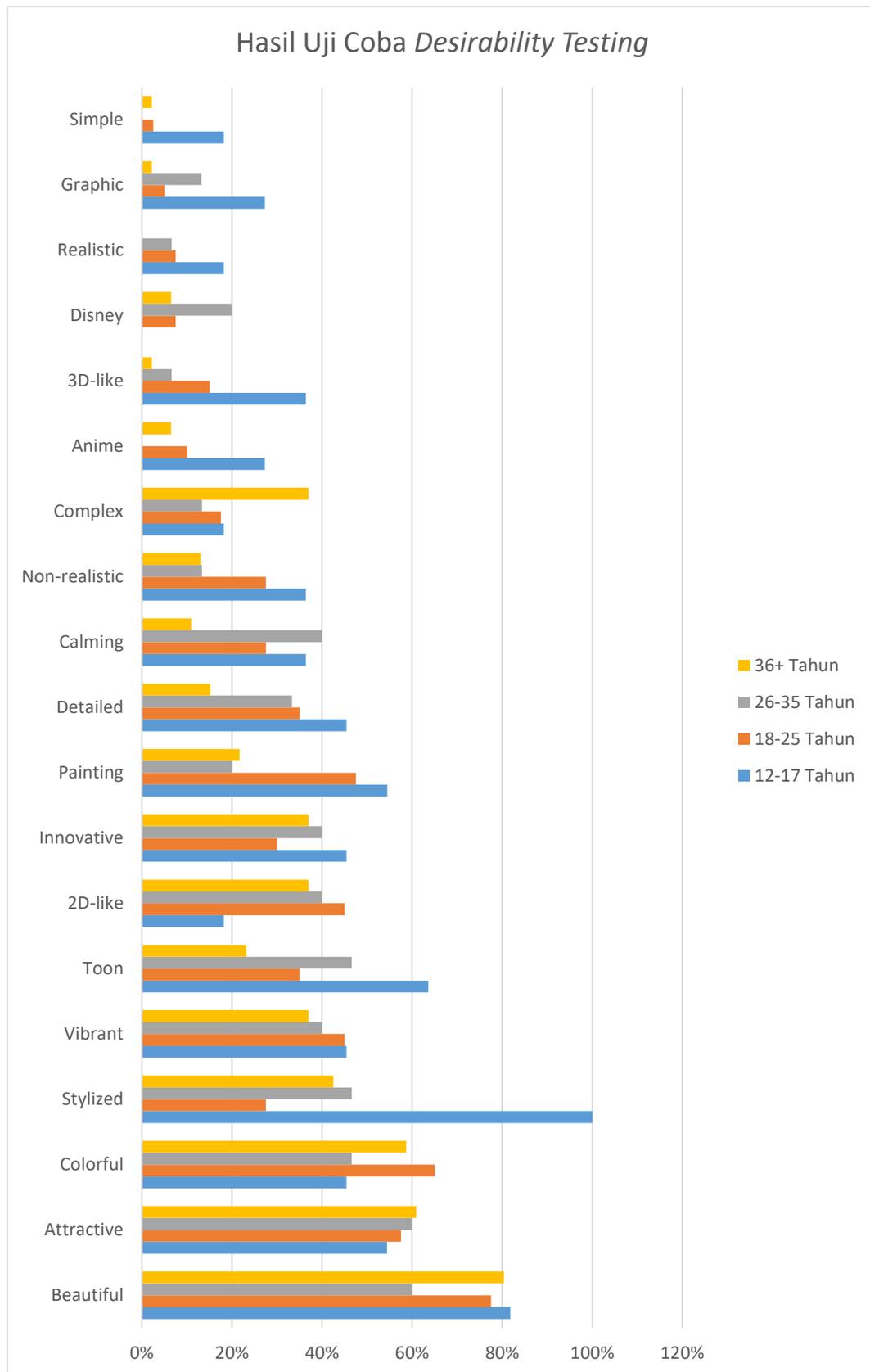
menyerupai 3D daripada 2D. Dibandingkan pada rentang umur sebelumnya dimana kebanyakan responden menilai hasil visual dari penelitian ini lebih menyerupai 2D.

Tabel 4. 7 Hasil pengujian desirability testing rentang usia 26-35

No.	Kata untuk Mendeskripsikan Visual	Jenis Kata	Jumlah responden	% dari responden yang memilih kata tersebut
1.	Beautiful	Positif	9 responden	60%
2.	Attractive	Positif	9 responden	60%
3.	Colorful	Netral	7 responden	46.6%
4.	Toon	Positif	7 responden	46.6%
5.	2D-like	Positif	6 responden	40%
6.	Vibrant	Netral	4 responden	40%
7.	Innovative	Positif	6 responden	40%
8.	Calming	Netral	6 responden	40%
9.	Stylized	Positif	6 responden	40%
10.	Detailed	Netral	5 responden	33.3%
11.	Painting	Positif	3 responden	20%
12.	Disney	Negatif	3 responden	20%
13.	Non-realistic	Positif	2 responden	13.3%
14.	Complex	Netral	2 responden	13.3%
15.	Graphic	Negatif	2 responden	13.2%
16.	3D-like	Negatif	1 responden	6.6%
17.	Realistic	Negatif	1 responden	6.6%
18.	Anime	Positif	0 responden	0%
19.	Simple	Positif	0 responden	0%
20.	Flat	Negatif	0 responden	0%
21.	Boring	Negatif	0 responden	0%
22.	Ugly	Negatif	0 responden	0%
23.	Weird	Negatif	0 responden	0%
24.	Cheap	Negatif	0 responden	0%
25.	Plain	Negatif	0 responden	0%

Terakhir untuk responden dengan rentang usia 26-35 tahun, dapat dilihat dari 10 kata yang paling sering dipilih, terdapat kata positif yang lebih sedikit dibandingkan tabel-tabel sebelumnya. Hanya terdapat 6 kata positif yang dipilih responden untuk mendeskripsikan hasil visual dari penelitian ini. 6 kata tersebut yaitu *beautiful*, *attractive*, *toon*, *2D-like*, *innovative*, dan *stylized*. Dibandingkan

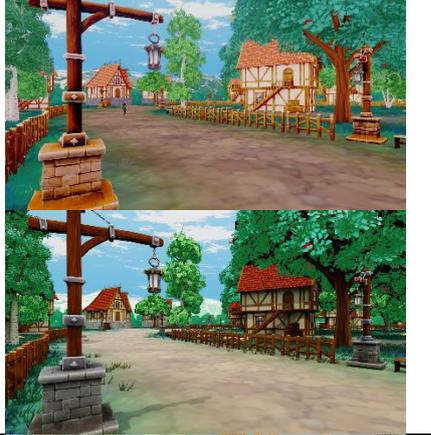
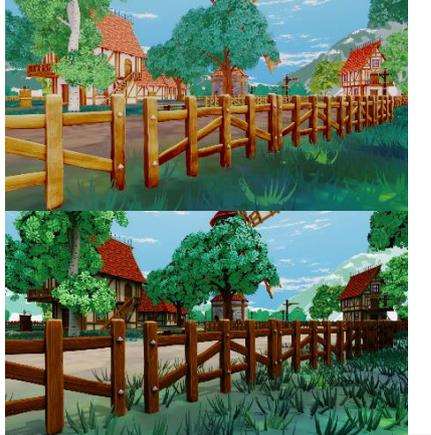
dari data sebelumnya, terdapat persentase lebih kecil dari responden yang memilih kata *non-realistic* dan *painting* untuk mendeskripsikan hasil visual dari penelitian ini. 4 kata sisanya ialah *colorful*, *vibrant*, *calming*, dan *default*. Semua kata ini bermakna netral karena dianggap tidak memiliki relevansi terhadap tujuan dari penelitian ini. Perbandingan antar rentang usia dari hasil pengujian *desirability testing* ini dapat dilihat pada Gambar 4.26. Pada grafik di bawah penguji memasukkan 19 kata beserta persentase responde yang memilih kata tersebut. 6 kata lainnya tidak dimasukkan karena pada hasil pengujian tidak ada responden yang memilih kata tersebut untuk mendeskripsikan hasil penelitian, 6 kata tersebut adalah *flat*, *boring*, *ugly*, *weird*, *cheap*, dan *plain*.



Gambar 4. 29 Perbandingan hasil uji coba *desirability testing*

Selain visual yang dianggap lebih menarik, pengembangan animasi menggunakan *cel-shader* juga memiliki manfaat lain yaitu dapat mempercepat proses render dibandingkan jika menggunakan *shader default* blender yang dirender menggunakan *cycles*. Waktu perbandingan antara proses render *cel-shader* eevee dan *shader default cycles* dapat dilihat pada tabel 4.8. Di sini, penguji menggunakan *sample* yang telah dibahas pada poin pengembangan *cel-shader*.

Tabel 4. 8 Perbandingan waktu *render cel-shader* dan *default shader*

No.	<i>Frame</i>	Waktu <i>render cel-shader</i>	Waktu <i>render Default Shader</i>
1.		4 Detik	159 Detik
2.		3 Detik	122 Detik
3.		7 Detik	228 Detik



Dapat dilihat pada tabel 4.7 waktu render dengan menggunakan *cel-shader* jauh lebih cepat menggunakan *default shader*. Pada gambar 1 waktu yang dibutuhkan untuk melakukan render *frame* yang menggunakan *cel-shader* hanya membutuhkan 4 detik dibandingkan *default shader* yang membutuhkan waktu 159 detik untuk satu *frame*-nya. Jika diambil rata-rata dari setiap *frame*, maka proses *render* menggunakan *cel-shader* membutuhkan rata-rata 4.6 detik sedangkan proses *render* menggunakan *default shader* membutuhkan rata-rata 169.6 detik. Total *frame* yang perlu di-*render* dalam penelitian adalah 900 *frame*. Jika ditotalkan maka proses *render* menggunakan *cel-shader* hanya membutuhkan waktu 4140 detik atau 69 menit untuk me-*render* satu animasi. Sedangkan proses render menggunakan *default shader* membutuhkan waktu 152,640 detik atau 2,544 menit atau 42.4 jam untuk menyelesaikan proses *render* satu animasi. Dari sini dapat dihitung presentase lebih cepat dengan menggunakan rumus yang sudah ditentukan pada sub bab 3.2. Perbedaan waktu antar *default shader* dan *cel-shader* ialah sejumlah 2475 menit, sedangkan waktu awal ialah 2544 menit. Angka ini kemudian dimasukkan ke dalam rumus di bawah ini.

$$\frac{2475 \text{ menit}}{2544 \text{ menit}} \times 100\% = 97.21\% \quad (4.1)$$

Dari sini dapat diambil kesimpulan bahwa penggunaan *cel-shader* dengan menggunakan kasus animasi yang sama, dapat mempercepat proses render sebanyak 97.21%.

4.3. Integrasi Islam

Penelitian ini memiliki beragam manfaat yang dapat menjadi nilai tambah dalam pengembangan animasi. Manfaat ini dapat dipisahkan ke dalam 2 muamalah yaitu *Mu'amalah Ma'annas* dan *Mu'amalah Ma'Allah*. *Mu'amalah Ma'annas* adalah anjuran untuk saling memberikan manfaat kepada sesama umat manusia, sedangkan *Mu'amalah Ma'Allah* adalah istilah dalam hukum islam yang mengacu pada urusan yang melibatkan hubungan antara manusia dengan Allah SWT, di mana di sini akan ditunjukkan bagian dari penelitian ini yang menunjukkan kebesaran Allah SWT.

Salah satu *Mu'amalah Ma'annas* dalam penelitian ini adalah kontribusinya sebagai alternatif bagi mereka yang tertarik untuk menciptakan animasi atau rendering dengan gaya yang menyerupai kartun atau memiliki estetika 2D. Keunggulan ini memberikan kemudahan terutama bagi animator yang mungkin memiliki keterbatasan dalam keterampilan gambar. Dengan demikian, riset ini dapat menjadi panduan bagi animator untuk menciptakan karya dengan estetika yang menarik tanpa harus memiliki kemampuan gambar yang sangat tinggi. Selain itu, penelitian ini juga membuka peluang bagi variasi gaya dalam pengembangan animasi tiga dimensi. Dengan adanya pendekatan baru ini, diharapkan dapat menginspirasi dan membantu pembaca yang tertarik mengembangkan animasi dengan gaya yang telah diteliti, memperkaya kreativitas, dan menawarkan alternatif

baru dalam industri animasi. Pendekatan ini juga sejalan dengan ajaran Islam yang mendorong untuk memudahkan orang lain, sesuai dengan pesan Rasulullah *Shalallahu ‘alaihi wa sallam* dalam sebuah hadis yang diriwayatkan oleh Imam Muslim dari Abu Hurairah:

عَنْ أَبِي هُرَيْرَةَ رَضِيَ اللَّهُ عَنْهُ قَالَ قَالَ رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ قَالَ: مَنْ نَفَسَ عَنْ مُؤْمِنٍ كُرْبَةً مِنْ كُرْبِ الدُّنْيَا نَفَسَ اللَّهُ عَنْهُ كُرْبَةً مِنْ كُرْبِ الْآخِرَةِ، وَمَنْ يَسِّرْ عَلَى مُعَسِّرٍ يَسِّرَ اللَّهُ عَلَيْهِ فِي الدُّنْيَا وَالْآخِرَةِ، وَمَنْ يَسِّرْ عَلَى مُعَسِّرٍ يَسِّرَ اللَّهُ عَلَيْهِ فِي الدُّنْيَا وَالْآخِرَةِ، وَمَنْ سَتَرَ مُسْلِمًا سَتَرَهُ اللَّهُ فِي الدُّنْيَا وَالْآخِرَةِ، وَاللَّهُ فِي عَوْنِ الْعَبْدِ مَا كَانَ الْعَبْدُ فِي عَوْنِ أَخِيهِ، وَمَنْ سَلَكَ طَرِيقًا يَلْتَمِسُ فِيهِ عِلْمًا سَهَّلَ اللَّهُ لَهُ بِهِ طَرِيقًا إِلَى الْجَنَّةِ، وَمَا اجْتَمَعَ قَوْمٌ فِي بَيْتٍ مِنْ بُيُوتِ اللَّهِ يَتْلُونَ كِتَابَ اللَّهِ وَيَتَدَارَسُونَهُ بَيْنَهُمْ إِلَّا نَزَلَتْ عَلَيْهِمُ السَّكِينَةُ وَغَشِيَتْهُمُ الرَّحْمَةُ وَحَفَّتْهُمُ الْمَلَائِكَةُ وَذَكَرَهُمُ اللَّهُ فِيمَنْ عِنْدَهُ وَمَنْ بَطَأَ بِهِ عَمَلُهُ لَمْ يُسْرِعْ بِهِ نَسَبُهُ. رَوَاهُ مُسْلِمٌ بِهَذَا اللَّفْظِ

“Dari Abu Hurairah radhiyallahu ‘anhu dia berkata: Rasulullah shallallahu ‘alaihi wa sallam bersabda: “Barangsiapa yang menghilangkan satu kesulitan seorang mukmin yang lain dari kesulitannya di dunia, niscaya Allah akan menghilangkan darinya satu kesulitan pada hari kdiamat. Barangsiapa yang meringankan orang yang kesusahan (dalam hutangnya), niscaya Allah akan meringankan baginya (urusannya) di dunia dan akhirat. Barangsiapa yang menutupi aib seorang muslim, niscaya Allah akan menutupi aibnya di dunia dan akhirat. Dan Allah akan senantiasa menolong hamba-Nya, selama hamba tersebut mau menolong saudaranya. Barangsiapa yang menempuh satu jalan untuk mencari ilmu, niscaya Allah akan memudahkan baginya jalan menuju surga. Tidaklah suatu kaum berkumpul di salah satu rumah dari rumah–rumah Allah (masjid), membaca kitabullah, saling mengajarkan di antara mereka, melainkan akan turun kepada mereka ketenangan, diliputi oleh rahmat dan dinaungi oleh para malaikat serta Allah akan menyebut–nyebut mereka di hadapan makhluk yang berada di sisiNya. Barangsiapa yang lambat dalam beramal, sungguh garis nasibnya tidak akan bisa membantunya.” (HR. muslim dengan lafazh ini) (Rahimahullahu, 1428-2007).

Sedangkan *Muamalah Ma'Allah* dalam penelitian ini dapat diambil dari latar animasi yang menggunakan keindahan alam yang telah diciptakan oleh Allah SWT. Animasi yang dikembangkan dalam penelitian ini menampilkan sebuah *setting* desa yang dipenuhi dengan rerumputan hijau, pepohonan yang rindang, serta langit biru yang memesona. Keindahan alam yang tergambar dalam animasi ini sejalan dengan kebesaran penciptaan Allah *Subhanahu wa Ta'ala*. Dalam penciptaan alam semesta yang luar biasa ini, tergambar keindahan yang diinspirasi oleh alam sekitar yang diamanatkan dalam ajaran Islam. Hal ini menjadi perwujudan dari keajaiban ciptaan-Nya yang tiada taranya. Animasi ini tidak hanya menjadi hasil kreatif, tetapi juga menjadi ungkapan syukur atas keindahan yang telah diciptakan oleh Allah, sejalan dengan semangat syukur dan penghargaan dalam ajaran agama Islam. Hal ini telah disebutkan dalam Al-Quran pada surah Al-Baqarah ayat 29:

هُوَ الَّذِي خَلَقَ لَكُمْ مَا فِي الْأَرْضِ جَمِيعًا ثُمَّ اسْتَوَىٰ إِلَى السَّمَاءِ فَسَوَّاهُنَّ سَبْعَ سَمَاوَاتٍ ۗ وَهُوَ بِكُلِّ شَيْءٍ عَلِيمٌ

“Dialah (Allah) yang menciptakan segala apa yang ada di bumi untukmu kemudian Dia menuju ke langit, lalu Dia menyempurnakannya menjadi tujuh langit. Dan Dia Maha Mengetahui segala sesuatu.” (QS. Al-Baqarah: 29).

Tafsir Jalalain menyebutkan, (Dia [Allah] yang menciptakan segala apa yang ada di bumi) seisinya (untuk kalian) ambil manfaat dan ambil pelajaran darinya. (Kemudian) setelah menciptakan bumi, (Dia menuju) bermaksud pada (langit, lalu menyempurnakannya) memutuskan langit (menjadi tujuh lapis langit. Dia maha mengetahui atas segala sesuatu) baik secara umum maupun secara rinci. Apakah manusia, kata Tafsir Jalalain, tidak mengambil pelajaran bahwa Zat yang kuasa menciptakan alam semesta pada awalnya juga kuasa untuk menciptakan

kembali mereka. Dialah Allah, Zat yang lebih agung daripada mereka. (Al-Mahali & As-Syuthi, n.d-b).

Selain itu, hal ini juga dapat dikaitkan dalam surah As-Saffat ayat 6:

إِنَّا زَيَّنَّا السَّمَاءَ الدُّنْيَا بِرِيَّةٍ الْكَوَاكِبِ

“*Sesungguhnya Kami telah menghias langit dunia (yang terdekat), dengan hiasan bintang-bintang.*” (QS. As-saffat: 6).

Tafsir Jalalain (Sesungguhnya Kami telah menghias langit yang terdekat dengan hiasan, yaitu bintang-bintang) dengan cahayanya, atau hiasan itu berupa bintang-bintang itu sendiri. Pengertian *Idhafah* di sini mengandung makna bayan atau menjelaskan, perihalnya sama dengan makna qiraat yang menanwinkannya.

Pada penelitian ini nilai estetika juga menjadi bagian utama yang selalu diperhatikan untuk menghasilkan *cel-shading* yang tidak hanya praktikal tetapi juga dapat menghasilkan style animas 3D yang memiliki nilai keindahan. Hal ini juga sejalan dengan nilai Islam yang mendorong kepada keindahan. Hal ini telah ditegaskan oleh Rasulullah *shalallahu ‘alaihi wa sallam* dalam hadis yang diriwayatkan oleh Ibnu Mas’ûd radhiyallahu’anh

إِنَّ اللَّهَ جَمِيلٌ يُحِبُّ الْجَمَالَ

“*Sesungguhnya Allah Maha indah dan mencintai keindahan*” (HR. Muslim dari Ibnu Mas’ûd radhiyallahu’anh).

Ajaran ini memperlihatkan bahwa keindahan merupakan nilai penting yang tidak hanya tercermin dalam karya seni, tetapi juga sebagai bagian dari ajaran dan

pemahaman dalam Islam yang senantiasa mengapresiasi keindahan sebagai bagian dari penciptaan-Nya.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Penelitian ini meneliti pembuatan *short movie* berbasis objek 3D dengan memanfaatkan teknik *cel-shading* guna mencapai visual 2 dimensi yang menarik. Tiga permasalahan utama yang diajukan yaitu: pertama, mengidentifikasi parameter yang esensial dalam membuat animasi 2D berbasis objek 3D dengan menggunakan metode *cel-shading*; kedua, mengevaluasi sejauh mana *cel-shading* mampu menghasilkan visual 3 dimensi yang menarik dan serupa dengan visual 2 dimensi; ketiga, membandingkan kecepatan proses render animasi menggunakan *default* dan *cel-shader*. Pengujian dari masalah pertama penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode uji *desirability testing*. *Desirability testing* ialah suatu metode dimana penguji menyediakan 25 kata dengan makna positif, negatif, dan netral terhadap hasil penelitian ini. Hasil menunjukkan bahwa dari 10 kata yang paling banyak dipilih oleh responden, terdapat 7 kata yang dianggap positif terhadap hasil penelitian ini. Berikut 7 kata tersebut beserta persentase responden yang memilihnya: *beautiful* (77.7%), *attractive* (59.8%), *stylized* (41.1%), *toon* (39.3%), *2D-like* (38.4%), *innovative* (36.6%), dan *painting* 34.8%). Analisis parameter pengembangan animasi yang berhasil dianalisis dalam penelitian ini mencakup *storyboarding*, *modelling*, *texturing*, *cel-shading development*, *rigging*, *animating*, dan *compositing*. Berikut metode yang berhasil ditemukan untuk meningkatkan kualitas visual serta efisiensi pengembangan dalam beberapa parameter: *modular modelling* dalam *modelling*, *rigify* dalam *rigging*, dan 12-

principled of animation dalam *animating*. Pengembangan *cel-shading* sendiri membutuhkan parameter utama sebagai berikut: modifikasi diskritasi *lighting*, *normal object*, *outlines*, *shader programs*, dan *rendering technique*. Penggunaan *cel-shader* juga terbukti dapat mempercepat proses *render* animasi dalam penelitian ini sebanyak 97.21%.

5.2. Saran

Tentu penelitian yang dilakukan masih terdapat kekurangan, sehingga peneliti memiliki beberapa saran perbaikan untuk penelitian di masa mendatang, diantaranya:

1. Meningkatkan proses uji coba dengan menunjukkan hasil animasi ke *audience* dengan jumlah yang lebih besar
2. Mengembangkan hasil penelitian *cel-shader* menjadi *framework* dalam bentuk *node group* agar dapat digunakan secara otomatis oleh orang lain
3. Memberikan nilai yang sejalan dengan Islam dalam hasil animasi *short movie*, nilai tersebut dapat berupa karakter yang berpenampilan Islami.

DAFTAR PUSTAKA

- Albert, W. B., & Tullis, T. T. (2022). *Measuring the User Experience*. Amsterdam: Elsevier Inc.
- Alkofahi, A. B., & Jamaludin, M. A. (2015). Comparing the Effects of 2D and 3D Mathematics Animations on Jordanian first grade Students. *International Conference on Research And Education In Mathematics (ICREM7)* (pp. 143-146). Kuala Lumpur: IEEE.
- Al-Mahalli, J., & As-Suyuti, J. (n.d.-a). *Tafsir Jalalain 1*. Sinar Baru Algensindo.
- Barla, P., Thollot, J., & Markosian, L. (2006). X-Toon: An Extended Toon Shader. *ACM*, 127-132.
- Beane, A. (2013). *3D Animation Essentials*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- Curtis, C., Dart, K., Latzko, T., & Kahrs, J. (2020, June). Real-time Non-photorealistic Animation for Immersive Storytelling in "Age of Sail". *Graphics and Visual Computing*, 3.
- Galluzi, F. (2017). *Cel-Shading with OSL in RenderMan 21 for Maya*. Bournemouth: Bournemouth University.
- Hosseini, S. M., Mohammadi, M., & Santin, O. G. (2019). Interactive Kinetic Facade: Improving Visual Comfort Based on DYnamic Daylight and Occupant's Poistions by 2D and 3D Shape Changes. *Building and Environment*, 165. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132319306067>
- Hudon, M., Crogan, M., Pages, R., Ondrej, J., & Smolic, A. (2019). 2DToonShade: A Stroke Based Toon SHading Sysrtem. *Computers & Graphics: X*, 1. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590148619300032>
- Lam, A. D.-T., & Su, Y. Y. (2016). A Study on Experimental Teaching of 3D Animation. *2016 International Conference on Applied System Innovation*.
- Lee, Y., Markosian, L., Lee, S., & Hughes, J. F. (2007). Line Drawings via Abstracted Shading. *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, 26, 18.
- Liu, Y. (2016). The Design and Realization of the Automatic Generation System of 2D Animation. *International Conference on Intelligent Transportation, Big Data & Smart City (ICITBS)*, 475-478.

- Polozuns, A. (2013). *Computer Graphics in Cinematography*. Bachelor Thesis, Metropolia University of Applied Sciences, Helsinki.
- Rahimahullahu, I. N. (1428-2007). Hadits Arba'in Nawawiyah. In M. Y. Nawawi. Indonesia: islamhouse.com. Retrieved from haditsarbain: <https://haditsarbain.com>
- Sousa, M. C., & Buchanan, J. W. (1999). Computer-Generated Graphite Pencil Rendering of 3D Polygonal Models. *Computer Graphics Forum*, 18, 195-208.
- Wang, S., Wei, Y., & Gao, C. (2013). Cartoon Rendering Illumination Model Based on Phong. *2013 Seventh International Conference on Image and Graphics*, 913-919.
- Whited, B., Daniels, E., Kaschak, M., Osborne, P., & Odermatt, K. (2012). Computer Assisted Animation of Line and Paint in Disney's Paperman. *ACM SIGGRAPH 2012*, 19.
- Xu, Q., Liu, S., Gingold, Y., & Singh, K. (2016). Using Isophotes and Shadows to Interactively Model Normal and Height Fields. *Computer & Graphics*, 59, 1-13. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0097849316300139>
- Yajima, T., Kanamori, Y., Endo, Y., & Mitani, J. (2018). Interactive Edge-Aware Segmentation Of Character Illustrations for Articulated 2D Animations. *NICOGRAPH International*, 1-8.
- Yekti, B. (2015). Comparative Aesthetic Study between Three-Dimensional (3D) Stop-Motion Animation and 3D Computer Graphic Animation. *International Conference on New Media (CONMEDIA)*.
- Zhang, Y., Reynolds, M., Lugmayr, A., & Hassan, G. M. (2022). A Visual Data Storytelling Framework. *informatics*, 9, 73.

LAMPIRAN

Lampiran 1

Data *Excel* Hasil Kuesioner

Berapa range usia anda?	Pilih kata-kata di bawah untuk mendeskripsikan gambar-gambar di atas (bebas berapa banyak)
12-17	Stylized (ada style unik), Attractive (menarik), Beautiful (indah), Innovative (inovatif), Realistic (realistis), 3D-like (seperti visual 3D), Calming (menenangkan), Simple, Toon (kartun)
12-17	Stylized (ada style unik), Beautiful (indah), Innovative (inovatif), 3D-like (seperti visual 3D), Colorful (penuh warna), Painting (lukisan), Detailed (detail), Graphic (grafik), Anime, Toon (kartun), Vibrant (cerah)
12-17	Stylized (ada style unik), Attractive (menarik), Beautiful (indah), Innovative (inovatif), 3D-like (seperti visual 3D), 2D-like (seperti visual 2D), Calming (menenangkan), Colorful (penuh warna), Detailed (detail), Complex (rumit), Graphic (grafik), Toon (kartun), Vibrant (cerah)
12-17	Stylized (ada style unik), Attractive (menarik), Beautiful (indah), Innovative (inovatif), Non-realistic (tidak-realistis), 2D-like (seperti visual 2D), Colorful (penuh warna), Detailed (detail), Toon (kartun), Vibrant (cerah)
12-17	Stylized (ada style unik), Beautiful (indah), Simple, Detailed (detail)
12-17	Stylized (ada style unik), Attractive (menarik), Beautiful (indah), Painting (lukisan), Toon (kartun)
12-17	Stylized (ada style unik), Beautiful (indah), Realistic (realistis), 3D-like (seperti visual 3D), Calming (menenangkan), Painting (lukisan), Toon (kartun), Vibrant (cerah)
12-17	Stylized (ada style unik), Realistic (realistis), Calming (menenangkan), Painting (lukisan), Anime
12-17	Stylized (ada style unik), Realistic (realistis), Anime
12-17	Stylized (ada style unik), Attractive (menarik), Beautiful (indah), Innovative (inovatif), Colorful (penuh warna), Painting (lukisan), Detailed (detail), Graphic (grafik)
12-17	Stylized (ada style unik), Attractive (menarik), Beautiful (indah), Colorful (penuh warna), Painting (lukisan), Toon (kartun), Vibrant (cerah)
18-25	Stylized (non-realistic), Attractive (menarik), Beautiful (indah), Innovative (inovatif), Realistic (realistis), 3D-like (seperti visual

	3D), Calming (menenangkan), Painting (lukisan), Complex (rumit), Anime
18-25	Attractive (menarik), Beautiful (indah), Non-realistic (tidak-realistic), 2D-like (seperti visual 2D), Colorful (penuh warna), Painting (lukisan), Detailed (detail), Toon (kartun), Vibrant (cerah)
18-25	Painting (lukisan)
18-25	Attractive (menarik), Beautiful (indah), Innovative (inovatif), Non-realistic (tidak-realistic), 2D-like (seperti visual 2D), Colorful (penuh warna), Detailed (detail)
18-25	Attractive (menarik), Beautiful (indah), 2D-like (seperti visual 2D), Colorful (penuh warna), Painting (lukisan), Complex (rumit), Vibrant (cerah)
18-25	Attractive (menarik), Beautiful (indah), Calming (menenangkan), Colorful (penuh warna), Detailed (detail), Complex (rumit), Disney, Toon (kartun)
18-25	Attractive (menarik), Innovative (inovatif), 3D-like (seperti visual 3D), 2D-like (seperti visual 2D), Calming (menenangkan), Painting (lukisan), Toon (kartun), Vibrant (cerah)
18-25	Attractive (menarik), Beautiful (indah), Innovative (inovatif), Non-realistic (tidak-realistic), 3D-like (seperti visual 3D), 2D-like (seperti visual 2D), Calming (menenangkan), Colorful (penuh warna), Painting (lukisan), Graphic (grafik), Toon (kartun)
18-25	Attractive (menarik), Beautiful (indah), Innovative (inovatif), Colorful (penuh warna), Painting (lukisan), Toon (kartun), Vibrant (cerah)
18-25	Attractive (menarik), Beautiful (indah), Non-realistic (tidak-realistic), Colorful (penuh warna), Detailed (detail), Toon (kartun)
18-25	Attractive (menarik), Beautiful (indah), 2D-like (seperti visual 2D), Detailed (detail), Toon (kartun)
18-25	Stylized (ada style unik), Attractive (menarik), Beautiful (indah), Innovative (inovatif), Detailed (detail), Toon (kartun), Vibrant (cerah)
18-25	Stylized (ada style unik), Attractive (menarik), Beautiful (indah), Innovative (inovatif), Non-realistic (tidak-realistic), 2D-like (seperti visual 2D), Painting (lukisan), Detailed (detail), Graphic (grafik), Toon (kartun)
18-25	Attractive (menarik), Beautiful (indah), Colorful (penuh warna), Painting (lukisan), Detailed (detail), Vibrant (cerah)
18-25	Attractive (menarik), Beautiful (indah), Innovative (inovatif), Non-realistic (tidak-realistic), Colorful (penuh warna), Detailed (detail)

18-25	Stylized (ada style unik), Beautiful (indah), 2D-like (seperti visual 2D), Colorful (penuh warna), Detailed (detail), Complex (rumit), Toon (kartun), Vibrant (cerah)
18-25	Stylized (ada style unik), Beautiful (indah), Realistic (realistis), 2D-like (seperti visual 2D), Colorful (penuh warna), Painting (lukisan), Vibrant (cerah)
18-25	Stylized (ada style unik), Attractive (menarik), Beautiful (indah), 2D-like (seperti visual 2D), Colorful (penuh warna), Toon (kartun), Vibrant (cerah)
18-25	Attractive (menarik), Beautiful (indah), 3D-like (seperti visual 3D), Colorful (penuh warna), Painting (lukisan), Detailed (detail), Complex (rumit), Toon (kartun), Vibrant (cerah)
18-25	Attractive (menarik), Beautiful (indah), Non-realistic (tidak-realistis), 2D-like (seperti visual 2D), Colorful (penuh warna), Detailed (detail), Complex (rumit), Vibrant (cerah)
18-25	2D-like (seperti visual 2D), Calming (menenangkan), Colorful (penuh warna), Anime, Toon (kartun)
18-25	Stylized (ada style unik), Attractive (menarik), Beautiful (indah), Non-realistic (tidak-realistis), 2D-like (seperti visual 2D), Calming (menenangkan), Colorful (penuh warna), Painting (lukisan), Disney, Vibrant (cerah)
18-25	Beautiful (indah), Calming (menenangkan), Colorful (penuh warna), Painting (lukisan)
18-25	Colorful (penuh warna)
18-25	Beautiful (indah)
18-25	Beautiful (indah), Non-realistic (tidak-realistis), 2D-like (seperti visual 2D), Colorful (penuh warna), Painting (lukisan), Toon (kartun), Vibrant (cerah)
18-25	Stylized (ada style unik), Attractive (menarik), Beautiful (indah), Non-realistic (tidak-realistis), 2D-like (seperti visual 2D), Colorful (penuh warna), Detailed (detail), Complex (rumit)
18-25	Realistic (realistis), Calming (menenangkan), Colorful (penuh warna), Painting (lukisan), Vibrant (cerah)
18-25	Beautiful (indah), Calming (menenangkan), Colorful (penuh warna)
18-25	Stylized (ada style unik), Attractive (menarik), Beautiful (indah), Innovative (inovatif), 2D-like (seperti visual 2D)
18-25	2D-like (seperti visual 2D)
18-25	Stylized (ada style unik), Beautiful (indah), Innovative (inovatif), Painting (lukisan), Toon (kartun), Vibrant (cerah)

18-25	Stylized (ada style unik), Beautiful (indah), 3D-like (seperti visual 3D), Colorful (penuh warna), Painting (lukisan), Anime, Vibrant (cerah)
18-25	Attractive (menarik), Beautiful (indah), Innovative (inovatif)
18-25	Attractive (menarik), Beautiful (indah), 2D-like (seperti visual 2D), Colorful (penuh warna)
18-25	Beautiful (indah), Calming (menenangkan), Colorful (penuh warna), Painting (lukisan), Detailed (detail), Disney, Anime, Toon (kartun), Vibrant (cerah)
18-25	Attractive (menarik)
18-25	Beautiful (indah), Innovative (inovatif), Non-realistic (tidak-realistis), 3D-like (seperti visual 3D), Calming (menenangkan), Colorful (penuh warna), Simple, Painting (lukisan), Toon (kartun), Vibrant (cerah)
18-25	Toon (kartun)
26-35	Stylized (ada style unik), Attractive (menarik), Beautiful (indah), Innovative (inovatif), Realistic (realistis), 3D-like (seperti visual 3D), Calming (menenangkan), Toon (kartun)
26-35	Stylized (ada style unik), Attractive (menarik), Beautiful (indah), Innovative (inovatif)
26-35	Innovative (inovatif), 2D-like (seperti visual 2D), Calming (menenangkan), Painting (lukisan), Detailed (detail), Toon (kartun), Vibrant (cerah)
26-35	Painting (lukisan)
26-35	Stylized (ada style unik), Attractive (menarik), Beautiful (indah), 2D-like (seperti visual 2D), Colorful (penuh warna), Toon (kartun)
26-35	Stylized (ada style unik)
26-35	Stylized (ada style unik), Attractive (menarik), Beautiful (indah), Colorful (penuh warna), Detailed (detail), Graphic (grafik), Toon (kartun), Vibrant (cerah)
26-35	Attractive (menarik), Innovative (inovatif), 2D-like (seperti visual 2D), Calming (menenangkan), Colorful (penuh warna), Painting (lukisan), Complex (rumit), Disney
26-35	Attractive (menarik), Beautiful (indah), Disney
26-35	Stylized (ada style unik), Attractive (menarik), Beautiful (indah), Non-realistic (tidak-realistis), 2D-like (seperti visual 2D), Calming (menenangkan), Colorful (penuh warna), Detailed (detail), Complex (rumit), Graphic (grafik), Toon (kartun)
26-35	Beautiful (indah)

26-35	Colorful (penuh warna)
26-35	Attractive (menarik), Beautiful (indah), Innovative (inovatif), 2D-like (seperti visual 2D), Calming (menenangkan), Colorful (penuh warna), Detailed (detail), Toon (kartun), Vibrant (cerah)
26-35	Attractive (menarik), Beautiful (indah), Innovative (inovatif), Non-realistic (tidak-realistis), 2D-like (seperti visual 2D), Calming (menenangkan), Colorful (penuh warna), Detailed (detail), Toon (kartun), Vibrant (cerah)
26-35	Disney
36+	Beautiful (indah)
36+	Beautiful (indah)
36+	Beautiful (indah)
36+	Stylized (ada style unik), Beautiful (indah), Innovative (inovatif), Colorful (penuh warna)
36+	Stylized (ada style unik), Attractive (menarik), Beautiful (indah), Innovative (inovatif), Colorful (penuh warna), Toon (kartun)
36+	Attractive (menarik), Beautiful (indah), Non-realistic (tidak-realistis), 2D-like (seperti visual 2D), Calming (menenangkan), Colorful (penuh warna), Detailed (detail), Complex (rumit), Toon (kartun), Vibrant (cerah)
36+	Stylized (ada style unik), Attractive (menarik), Beautiful (indah), 3D-like (seperti visual 3D), Calming (menenangkan), Colorful (penuh warna), Painting (lukisan), Complex (rumit), Vibrant (cerah)
36+	Attractive (menarik), Calming (menenangkan), Colorful (penuh warna)
36+	Stylized (ada style unik), Attractive (menarik), Beautiful (indah), Innovative (inovatif), Non-realistic (tidak-realistis), 2D-like (seperti visual 2D), Colorful (penuh warna), Vibrant (cerah)
36+	Stylized (ada style unik), Attractive (menarik), Beautiful (indah), Innovative (inovatif), 2D-like (seperti visual 2D), Colorful (penuh warna), Anime, Toon (kartun)
36+	Attractive (menarik), Beautiful (indah), 2D-like (seperti visual 2D), Colorful (penuh warna), Detailed (detail), Graphic (grafik), Anime, Toon (kartun), Vibrant (cerah)
36+	Attractive (menarik), Beautiful (indah), Innovative (inovatif), Non-realistic (tidak-realistis), 2D-like (seperti visual 2D), Vibrant (cerah)
36+	Stylized (ada style unik), Attractive (menarik), Beautiful (indah), Innovative (inovatif), Colorful (penuh warna), Toon (kartun)

36+	Beautiful (indah)
36+	Stylized (ada style unik), Beautiful (indah), Innovative (inovatif), Calming (menenangkan), Colorful (penuh warna), Painting (lukisan), Complex (rumit), Vibrant (cerah)
36+	Stylized (ada style unik), Attractive (menarik), Beautiful (indah), Innovative (inovatif), 2D-like (seperti visual 2D), Colorful (penuh warna), Painting (lukisan), Detailed (detail), Toon (kartun), Vibrant (cerah)
36+	Attractive (menarik), Beautiful (indah), 2D-like (seperti visual 2D), Calming (menenangkan), Colorful (penuh warna), Anime, Vibrant (cerah)
36+	Stylized (ada style unik), Attractive (menarik), Beautiful (indah), Innovative (inovatif), 2D-like (seperti visual 2D), Colorful (penuh warna)
36+	Beautiful (indah)
36+	Attractive (menarik), 2D-like (seperti visual 2D), Colorful (penuh warna), Detailed (detail)
36+	Beautiful (indah)
36+	Attractive (menarik)
36+	Attractive (menarik)
36+	Attractive (menarik)
36+	Stylized (ada style unik)
36+	Stylized (ada style unik), Attractive (menarik), Beautiful (indah), Innovative (inovatif), Non-realistic (tidak-realistis), 2D-like (seperti visual 2D), Colorful (penuh warna), Painting (lukisan), Detailed (detail), Disney, Anime, Toon (kartun)
36+	Attractive (menarik)
36+	Stylized (ada style unik), Attractive (menarik), Beautiful (indah), Innovative (inovatif), Non-realistic (tidak-realistis), Colorful (penuh warna), Painting (lukisan)
36+	Attractive (menarik)
36+	Beautiful (indah)
36+	Beautiful (indah), Non-realistic (tidak-realistis), 2D-like (seperti visual 2D), Colorful (penuh warna), Painting (lukisan), Detailed (detail), Complex (rumit), Toon (kartun), Vibrant (cerah)

36+	Stylized (ada style unik), Attractive (menarik), Beautiful (indah), Innovative (inovatif), Colorful (penuh warna), Vibrant (cerah)
36+	Beautiful (indah), Painting (lukisan), Toon (kartun), Vibrant (cerah)
36+	Colorful (penuh warna)
36+	Stylized (ada style unik), Attractive (menarik), Beautiful (indah), Innovative (inovatif), 2D-like (seperti visual 2D), Colorful (penuh warna), Vibrant (cerah)
36+	Stylized (ada style unik), Attractive (menarik), Beautiful (indah), Innovative (inovatif), 2D-like (seperti visual 2D), Colorful (penuh warna), Vibrant (cerah)
36+	Attractive (menarik), Beautiful (indah), Colorful (penuh warna), Toon (kartun)
36+	Beautiful (indah), 2D-like (seperti visual 2D), Colorful (penuh warna), Simple, Painting (lukisan), Disney
36+	Attractive (menarik), Beautiful (indah), 2D-like (seperti visual 2D), Colorful (penuh warna), Painting (lukisan), Detailed (detail), Vibrant (cerah)
36+	Attractive (menarik), Beautiful (indah), 2D-like (seperti visual 2D), Colorful (penuh warna), Painting (lukisan), Disney, Anime, Vibrant (cerah)
36+	Beautiful (indah), Innovative (inovatif), 2D-like (seperti visual 2D), Complex (rumit), Vibrant (cerah)
36+	Stylized (ada style unik), Attractive (menarik), Beautiful (indah), Innovative (inovatif), Colorful (penuh warna), Toon (kartun), Vibrant (cerah)
36+	Stylized (ada style unik), Attractive (menarik), Beautiful (indah), Innovative (inovatif), Colorful (penuh warna)
	Stylized (non-realistic), Attractive (menarik), Beautiful (indah), Innovative (inovatif), Realistic (realistis), 3D-like (seperti visual 3D), Calming (menenangkan), Colorful (penuh warna), Simple, Painting (lukisan), Anime, Toon (kartun), Vibrant (cerah)

Lampiran II

Link Video Animasi: <https://youtu.be/IDq4OQGWQr0>