DISERTASI – EE186602

MACHINIMA AUTONOMOUS LIGHTING BERDASARKAN KEBIASAAN SUTRADARA MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY

ANDREAS
07111360010005

PROMOTOR:
Mochamad Hariadi, S.T., M.Sc., Ph.D.
Prof. Dr. Ir. Mauridhi Hery Purnomo, M.Eng.

PROGRAM DOKTOR
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI ELEKTRO DAN INFORMATIKA CERDAS
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020

DISERTASI – EE186602

MACHINIMA AUTONOMOUS LIGHTING BERDASARKAN KEBIASAAN SUTRADARA MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY

ANDREAS
07111360010005

PROMOTOR
Mochamad Hariadi, S.T., M.Sc., Ph.D.
Prof. Dr. Ir. Mauridhi Hery Purnomo, M.Eng.

PROGRAM DOKTOR
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI ELEKTRO DAN INFORMATIKA CERDAS
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020

PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Andreas

Program Studi : Doktor Teknik Elektro

NRP : 07111360010005

Dengan ini menyatakan bahwa isi keseluruhan disertasi dengan judul:

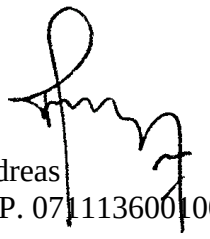
MACHINIMA *AUTONOMOUS LIGHTING* BERDASARKAN KEBIASAAN SUTRADARA MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY

adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 30 Juni 2020

Yang membuat pernyataan,



Andreas

NRP. 07111360010005

LEMBAR PENGESAHAN DISERTASI

Disertasi disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Doktor (Dr)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

oleh:
Andreas
NRP:

Tanggal Ujian : 21 Juli 2020
Periode Wisuda : September 2020

Disetujui oleh:
Pembibing:

1. Mochamad Hariadi, S.T., M.Sc., Ph.D. .....
   NIP: 196912091997031002

2. Prof. Dr. Ir. Mauridhi Hery Purnomo, M.Eng. .....
   NIP: 195809161986011001

Penguji:

1. Dr. Supeno Mardi S.N., S.T., M.T. .....
   NIP: 197006011995121001

2. Dr. Eko Mulyanto Yuniarno, S.T., M.T. .....
   NIP: 196806011995121009

3. Prof. Dr. Arif Muntasa, S.Si., M.T. .....
   NIP: 196911182001121004

Kepala Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas,

Dedet Candra Riawan, S.T., M.Eng. Pd.D.
NIP. 197311192000031001

Halaman ini sengaja dikosongkan

MACHINIMA *AUTONOMOUS LIGHTING* BERDASARKAN KEBIASAAN SUTRADARA MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY

Nama mahasiswa	: Andreas
NRP	: 07111360010005
Promotor	: Mochamad Hariadi, S.T., M.Sc., Ph.D.
Co-Promotor	: Prof. Dr. Ir. Mauridhi Hery Purnomo, M.Eng.

ABSTRAK

Salah satu komponen yang sangat penting dalam sinematografi adalah cahaya. Dalam sebuah produksi film, proses pencahayaan ini dirasakan sangat sulit dan memakan waktu serta biaya. Oleh karena itu dibutuhkan peran komputer untuk menanganinya. Ilmu komputer dalam *computer graphics* yang berhubungan dengan hal ini adalah *machinima*.

Salah satu sistem yang dapat diterapkan untuk menggantikan peran sutradara dalam pencahayaan ini adalah logika fuzzy. Logika fuzzy digunakan karena bekerja mengikuti aturan dan hal ini menyerupai sutradara dalam mengatur pencahayaan. Pada penelitian ini dikemukakan bahwa pengaturan pencahayaan tersebut dipengaruhi oleh situasi pada *set*, *point-of-view*, intensitas cahaya terpasang, posisi kamera aktif serta emosi dari karakter utamanya. Pada penelitian ini diusulkan suatu sistem FIS (*Fuzzy Inference System*) yang bekerja berdasarkan kelima hal tersebut dan diberi nama SPICE (*Situation, PoV, Intensity, Camera, and Emotion*) *system*. SPICE system ini akan menghasilkan keluaran berupa intensitas cahaya tambahan, *spot angle*, posisi serta arahnya.

Dari penelitian didapat bahwa logika fuzzy dapat digunakan sebagai *virtual director*. Penentuan parameter sumber cahaya tambahan dapat dilakukan cukup baik meskipun masih ada keterbatasan untuk PoV kamera yang jauh, seperti *extreme long shot*. Secara garis besar dapat disimpulkan bahwa proses perhitungan logika fuzzy untuk menentukan intensitas cahaya yang dibutuhkan serta posisi, arah dan spot angle dari sumber cahaya tambahan dapat diterima oleh para desainer film animasi 3D.

Kata kunci: Machinima, *autonomous lighting*, logika fuzzy, *virtual director*, film animasi

Halaman ini sengaja dikosongkan

MACHINIMA AUTONOMOUS LIGHTING BASED ON DIRECTOR BEHAVIOUR USING FUZZY LOGIC

By	: Andreas
Student Identity Number	: 07111360010005
Promotor	: Mochamad Hariadi, S.T., M.Sc., Ph.D.
Co-Promotor	: Prof. Dr. Ir. Mauridhi Hery Purnomo, M.Eng.

ABSTRACT

One very important component in cinematography is light. In film production, the lighting adjustment process is felt to be very difficult, time-consuming, and costly. Therefore, it takes the role of the computer to handle it. Computer graphics related to this matter is machinima.

One of the systems that can be applied to replace the role of the director in lighting arrangements is fuzzy logic. Fuzzy logic is used because the way it works is very similar to the way the director works in lighting settings. In this study, it was revealed that the lighting settings are influenced by the situation on the set, point-of-view, the intensity of the installed lights, the position of the active camera, and the emotions of the main character. In this study, a FIS (Fuzzy Inference System) system is proposed that works based on these five matters and is named SPICE (Situation, PoV, Intensity, Camera, and Emotion) system. This SPICE system will produce outputs in the form of additional light intensity, spot angle, position, and direction.

From the research conducted it was found that fuzzy logic can be used as a virtual director. The determination of additional light source parameters can be done quite well although there are still a few limitations for camera PoVs, such as extreme long shots. Generally, it can be concluded that the process of calculating using fuzzy logic to determine the required light intensity and the position, direction, and spot angle of the additional light sources can be accepted by the 3D animation movie designers. Generally, it can be concluded that the process of calculating using fuzzy logic to determine the required light intensity and the position, direction, and spot angle of the additional light sources can be accepted by the 3D animation movie designers.

Keywords: Machinima, autonomous lighting, fuzzy logic, virtual director, animation movie.

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan yang Maha Kuasa karena berkat rahmat dan bimbingan-Nya akhirnya kami dapat menyelesaikan disertasi program doktor teknik elektro ini. Kami menyadari sepenuhnya bahwa selama penyusunan disertasi ini banyak pihak yang telah memberikan bantuan, sehingga pada kesempatan ini kami ingin menyampaikan terima kasih yang tulus kepada:

1. Bapak Mochamad Hariadi, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Wali dan Promotor yang telah memberikan bimbingan, saran, dorongan semangat dengan tulus dan penuh kesabaran, juga sering mengingatkan untuk segera menyelesaikan program Doktor.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Mauridhi Hery Purnomo, M.Eng. selaku Co-Promotor yang telah memberikan bimbingan, saran, semangat, bantuan dan dengan penuh kesabaran terus mendorong agar penulis dapat menghasilkan karya ilmiah dan menyelesaikan studi S3 di Teknik Elektro ITS.
3. Bapak Dr. Supeno Mardi S.N., S.T., M.T., Bapak Dr. Eko Mulyanto Yuniarno, ST., MT. dan Prof. Dr. Arif Muntasa, S.Si., M.T. sebagai penguji disertasi dan proposal disertasi yang telah memberikan banyak masukan, kritik dan saran dalam penyempurnaan laporan disertasi ini.
4. Prof. Kunio Kondo yang telah memberikan kesempatan dan masukan dalam penyusunan jurnal saat mengikuti program PKPI di Tokyo University of Technology.
5. Bapak Dedet Candra Riawan, S.T., M.Eng. Pd.D dan Bapak Ronny Mardiyanto S.T. M.T. Ph.D. sebagai pejabat Teknik Elektro ITS yang telah membantu kelancaran studi di ITS.
6. Prof. Dr. Ir. Kuswara Setiawan, M.T. yang telah memberikan bantuan, dukungan serta doanya dalam penyelesaian studi S3 ini.
7. Bapak Dr. Ronald, S.T., M.M. sebagai Executive Director UPH Kampus Surabaya yang selalu memberi semangat dan mendukung di setiap kesempatan.

8. Bapak Dr. Yosi Kristian, S.Kom., M.Kom., Bapak Dr. Hartarto Djunaedi, S.Kom., M.Kom., Ibu Dr. Endang Setyati, S.T., M.T., Bapak Dr. Joan Santoso, S.Kom., M.Kom. dan Bapak Herman Thuan To Saurik, S.Kom., M.T. yang telah banyak direpoti dalam berbagai urusan dalam penyelesaian disertasi ini.
9. Pak Hartono dan Pak Sapari sebagai karyawan Pps Teknik Elektro yang telah membantu kelancaran proses administrasi.
10. Rekan-rekan di UPH Kampus Surabaya yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang selalu memberikan bantuan dan semangat.
11. Bapak Hamdani Koestoro yang telah banyak membantu dalam hal sutradara perfilman.
12. Papa (Alm.), Mama, serta kakak dan adik yang selalu mendukung dalam penyelesaian disertasi ini.
13. Istri tercinta, Aprilla Angela, dan putra putri tersayang Albertus Aldo dan Cecilia Aldora yang setia mendampingi, mendukung, dan menyemangati dengan penuh kesabaran, terutama ketika penulis harus mengikuti *joint research* ke Tokyo.
14. Pihak-pihak lain yang tidak bisa disebutkan satu-persatu yang telah memberikan semangat dan doanya selama ini.

Akhirnya penulis sadar bahwa karya ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun selalu diharapkan.

Surabaya, 30 Juni 2020
Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI iv
LEMBAR PENGESAHAN DISERTASI v
ABSTRAK vii
ABSTRACT ix
KATA PENGANTAR xi
DAFTAR ISI xiii
DAFTAR GAMBAR xv
DAFTAR TABEL xix
DAFTAR FORMULA xxi
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Permasalahan 6
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian 7
1.4 Tahapan Penelitian 7
1.5 Kontribusi Penelitian 12
1.6 Roadmap Penelitian 12
1.6.1 Roadmap Penelitian Ini 13
1.6.2 Penelitian Sebelumnya 13
1.7 Sistematika Pembahasan 18
BAB 2 TINJUAUAN PUSTAKA 21
2.1 Machinima 21
2.1.1 Pengantar Machinima 21
2.1.2 Keuntungan dan Kerugian Menggunakan Machinima .. 22
2.1.3 Contoh Karya Machinima 24
2.2 Sinematografi 27
2.2.1 Pengantar Sinematografi 27
2.2.2 Peralatan Konseptual dalam Sinematografi 27
2.2.3 Visual Storytelling 30
2.2.4 Dasar-Dasar Pencahayaan 31
2.3 Logika Fuzzy 54

2.3.1 Fungsi Keanggotaan 55
2.3.2 Fungsi Keanggotaan 59
2.3.3 Logika Kalimat 60
2.3.4 Metode Titik Berat Luasan 61
2.3.5 Sistem Logika Fuzzy 62
2.3.6 Tipe Fuzzy Inference Mamdani 64
2.4 Penelitian Sebelumnya 68
BAB 3 PENENTUAN INTENSITAS SUMBER CAHAYA TAMBAHAN DENGAN LOGIKA FUZZY 71
3.1 Kebiasaan Sutradara dalam Pencahayaan 71
3.2 Pencahayaan pada Karya Sinematografi 77
3.3 Perancangan Sistem 80
3.4 Rancangan Penambahan Sumber Cahaya 84
3.5 Rancangan Logika Fuzzy 90
3.5.1 Input Fuzzy 90
3.5.2 Output Fuzzy 94
3.5.3 Rule Fuzzy 96
3.5.4 Intensitas Cahaya Tambahan 97
BAB 4 PENENTUAN POSISI DAN ARAH SUMBER CAHAYA TAMBAHAN 103
4.1 Intensitas Sumber Cahaya Tambahan 103
4.2 Posisi Sumber Cahaya Tambahan 106
4.3 Arah Sumber Cahaya Tambahan 108
BAB 5 IMPLMENTASI PADA SCENE FILM ANIMASI 113
5.1 Penerapan pada Rancangan Bebas 113
5.2 Penilaian Hasil 128
BAB 6 PENUTUP 131
6.1 Kesimpulan Hasil Penelitian 131
6.2 Rencana Penelitian Selanjutnya 132
DAFTAR PUSTAKA 133
BIODATA PENULIS 137

DAFTAR GAMBAR

Gambar		Halaman
Gambar 1.1	Contoh penyampaian pesan melalui adegan film	3
Gambar 1.2	Penggunaan lensa lebar pada film The Lady from Shanghai yang memanfaatkan pencahayaan guna mendukung titik cerita pada suatu momen.	4
Gambar 1.3	Overview sistem secara keseluruhan.	8
Gambar 1.4	Bagan fishbone orisinalitas penelitian	9
Gambar 1.5	Fishbone diagram tahapan penelitian pembuatan SPICE system.	10
Gambar 1.7	Bagan roadmap penelitian	12
Gambar 2.1	Cuplikan dari salah satu film animasi pendek karya BloodSpell.	22
Gambar 2.2	Cuplikan adegan dari film Airlord of Airia.	24
Gambar 2.3	Adegan penembakan pesawat dalam film Battlefield 4.	25
Gambar 2.4	Film animasi “Exordium” yang dihasilkan menggunakan teknik machinima.	25
Gambar 2.5	Teknik pencahayaan back light pada film Half-Life: Chain of Reaction.	26
Gambar 2.6	Teknik pencahayaan key light dan fill light pada film Mass Effect: Red Sand.	26
Gambar 2.7	Contoh penggunaan pergerakan kamera untuk menyampai-kan tujuan penting dari alur cerita.	29
Gambar 2.8	Teknik close-up untuk memberikan informasi yang tidak diungkapkan secara eksplisit dengan kata-kata.	30
Gambar 2.9	Contoh visual metaphor yang menggambarkan perubahan waktu dari masa lalu ke masa saat ini.	31
Gambar 2.10	Warna memegang peranan penting dalam pencitraan.	32
Gambar 2.11	Contoh gradasi corak	33
Gambar 2.12	Contoh kedalaman gambar	34

Gambar 2.13 Diagram pengaturan three-points lighting yang umum dilakukan. 36
Gambar 2.14 Dasar pencahayaan terhadap manusia yang biasa disebut dengan “three-point lighting” 37
Gambar 2.15 Contoh pencahayaan pada wajah 40
Gambar 2.16 Pembentukan hard light dan soft light 40
Gambar 2.17 Contoh penggunaan hard light dan soft light pada suatu proses pengambilan gambar..... 41
Gambar 2.18 Arah datangnya cahaya 42
Gambar 2.19 Ketinggian sumber cahaya 43
Gambar 2.20 Hard light yang sourcey dan soft light yang ambient pada adegan yang sama diperankan oleh aktris Alexandra Fulton 43
Gambar 2.21 Beberapa contoh lampu jenis Fresnel 46
Gambar 2.22 Peralatan lampu HMI 6K dan ballast-nya..... 47
Gambar 2.23 Perbandingan peralatan lampu HMI PAR 12K dengan Brute Arc..... 49
Gambar 2.24 Contoh peralatan lampu PAR 51
Gambar 2.25 Beberapa peralatan jenis fluorescent rig 53
Gambar 2.26 Kurva fungsi keanggotaan S. 56
Gambar 2.27 Kurva fungsi keanggotaan π. 57
Gambar 2.28 Kurva fungsi keanggotaan segitiga. 57
Gambar 2.29 Kurva fungsi keanggotaan trapesium..... 58
Gambar 2.30 Kurva fungsi keanggotaan eksponen. 59
Gambar 2.31 Diagram blok pengendali logika fuzzy. 63
Gambar 2.32 Hubungan antara himpunan fuzzy dan himpunan crisp dalam representasi kecepatan kendaraan. 63
Gambar 2.33 Gambar FIS pada kasus pemberian tip (tipper). 65
Gambar 2.34 Fuzzy aggregation (Tutorial of Mathlab)..... 66
Gambar 3.1 Pencahayaan pada film Avatar dari beberapa sudut kamera 78
Gambar 3.2 Teknik penempatan kamera pada film Alita: Battle Angle . 79

Gambar 3.3	Blok diagram sistem penempatan dan penentuan arah sumber cahaya tambahan.....	81
Gambar 3.4	Tampilan halaman beranda dari aplikasi bantu bernama parameter extractor yang berbasis web.	82
Gambar 3.5	Gambaran garis besar sistem yang diusulkan.....	82
Gambar 3.6	Contoh scene yang digunakan dalam penelitian.	83
Gambar 3.7	Arsitektur sistem.....	85
Gambar 3.8	Posisi penempatan sumber cahaya tambahan terhadap obyek yang disinari.....	86
Gambar 3.9	Fungsi keanggotaan situation	91
Gambar 3.10	Fungsi keanggotaan Point-of-View.....	91
Gambar 3.11	Fungsi keanggotaan intensity	91
Gambar 3.12	Fungsi keanggotaan camera	92
Gambar 3.13	Fungsi keanggotaan emotion.....	92
Gambar 3.14	Fungsi keanggotaan intensity	95
Gambar 3.15	Fungsi keanggotaan spot angle.....	95
Gambar 3.16	Kondisi scene awal.....	98
Gambar 3.17	Fuzzy inference system untuk output 1	100
Gambar 3.18	Fuzzy inference system untuk output 2	101
Gambar 4.1	Kondisi scene awal pada mode desain	104
Gambar 4.2	Kondisi scene awal pada mode run dengan perputaran.....	104
Gambar 4.3	Contoh posisi penempatan sumber cahaya tambahan	105
Gambar 4.4	Posisi sumber cahaya tambahan secara bird view.	106
Gambar 4.5	Posisi penempatan sumber cahaya tambahan pada mode desain yang tampak dari atas.	107
Gambar 4.6	Penempatan sumber cahaya pada posisi di depan obyek	109
Gambar 4.7	Penempatan sumber cahaya pada posisi di samping obyek	110
Gambar 4.8	Penempatan sumber cahaya pada posisi di belakang obyek	110
Gambar 4.9	Kondisi scene akhir pada mode run dengan perputaran.	111
Gambar 5.1	Kondisi scene pertama pada kondisi sebelum penambahan sumber cahaya.	114

Gambar 5.2 Kondisi scene pertama pada kondisi sesudah penambahan sumber cahaya..... 116
Gambar 5.3 Kondisi scene kedua pada kondisi sebelum penambahan sumber cahaya..... 117
Gambar 5.4 Kondisi scene kedua pada kondisi sesudah penambahan sumber cahaya..... 119
Gambar 5.5 Kondisi scene ketiga pada kondisi sebelum penambahan sumber cahaya dengan posisi kamera high angle view. 120
Gambar 5.6 Kondisi scene ketiga pada kondisi sesudah penambahan sumber cahaya dengan posisi kamera high angle view. 122
Gambar 5.7 Kondisi scene keempat pada kondisi sebelum penambahan sumber cahaya dengan posisi kamera pada eye level view. 123
Gambar 5.8 Kondisi scene keempat pada kondisi sesudah penambahan sumber cahaya dengan posisi kamera pada eye level view. 124
Gambar 5.9 Kondisi scene kelima pada kondisi sebelum penambahan sumber cahaya dengan menggunakan dua buah kamera. 126
Gambar 5.10 Kondisi scene kelima pada kondisi sesudah penambahan sumber cahaya dengan menggunakan dua buah kamera. 127
Gambar 5.11 Perbandingan antara scene yang dihasilkan script dan desainer. 130

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
Tabel 1.1	Matriks Pelacakan Publikasi dari Penelitian Sebelumnya	14
Tabel 2.1	Fungsi keanggotaan input fuzzy.....	66
Tabel 2.2	Fungsi keanggotaan output fuzzy.....	67
Tabel 3.1	Anggota setiap parameter yang berpengaruh.	85
Tabel 3.2	Contoh penentuan intensitas cahaya tambahan.....	87
Tabel 3.3	Fungsi keanggotaan input fuzzy.....	93
Tabel 3.4	Fungsi keanggotaan output fuzzy.....	95
Tabel 4.1	Koordinat sumber cahaya tambahan	107
Tabel 4.2	Rotasi sumber cahaya tambahan	108
Tabel 5.1	Parameter dari *scene* pertama.....	115
Tabel 5.2	Kondisi dari *scene* pertama	115
Tabel 5.3	Parameter dari *scene* kedua.....	117
Tabel 5.4	Kondisi dari *scene* kedua	118
Tabel 5.5	Parameter dari *scene* ketiga.....	120
Tabel 5.6	Kondisi dari *scene* ketiga	121
Tabel 5.7	Parameter dari *scene* kelima.....	125
Tabel 5.8	Kondisi dari *scene* kelima	126
Tabel 5.9	Nilai atribut yang didapat dari *scene* yang dibuat oleh desainer	125

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR FORMULA

Formula		Halaman
Persamaan 2.1	Fungsi umum keaggotaan fuzzy	56
Persamaan 2.2	Fungsi keanggotaan S	57
Persamaan 2.3	Fungsi keanggotaan pi	57
Persamaan 2.4	Fungsi keanggotaan segitiga.....	58
Persamaan 2.5	Fungsi keanggotaan trapesium	59
Persamaan 2.6	Fungsi keanggotaan eksponen	59
Persamaan 2.7	Operasi komplemen himpunan fuzzy	60
Persamaan 2.8	Operasi irisan dua himpunan fuzzy	61
Persamaan 2.9	Operasi gabungan dua himpunan fuzzy.....	61
Persamaan 2.10	Fungsi min pada himpunan fuzzy.....	61
Persamaan 2.11	Fungsi maximin pada himpunan fuzzy.....	61
Persamaan 2.12	Fungsi maximin pada logika kalimat.....	62
Persamaan 2.13	Fungsi titik berat luasan.....	63
Persamaan 2.14	Fungsi energi dari himpunan fuzzy	65
Persamaan 2.15	Fungsi energi dari relasi antar himpunan fuzzy.....	65
Persamaan 2.16	Fungsi energi dari setiap himpunan fuzzy	65

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam perkembangan teknologi komputer yang sedemikian pesatnya, hingga saat ini manusia telah memanfaatkannya guna mendukung segala pekerjaan, mulai dari pekerjaan rutin sehari-hari maupun pekerjaan profesional. Salah satunya adalah pemanfaatan teknologi komputer di beberapa industri kreatif, antara lain pembuatan animasi, *game* dan perfilman (sinematografi).

Penerapan teknologi komputer di ketiga bidang tersebut telah memberikan dampak yang luar biasa signifikan. Diantaranya adalah pengembangan dari gambar yang dua dimensi (2D) menjadi tiga dimensi (3D) dan penambahan efek-efek khusus yang dapat membuat gambar menjadi lebih hidup. Hal tersebut menjadi lebih mudah dilakukan sejak dikemukakannya suatu teknologi sinematografi yang memanfaatkan engine komputer grafis, yang dikenal dengan nama machinima (Johnson, 2012).

Sinematografi berasal bahasa Yunani yang berarti "menulis dengan gerakan". Pada dasarnya, pembuatan film adalah proses pengambilan gambar, tetapi sinematografi lebih dari sekedar tindakan fotografi. Sinematografi adalah proses mengambil gagasan, kata-kata, tindakan, emosi yang tersirat, nada, dan bentuk-bentuk lain dari komunikasi non verbal dan menyatukan semua hal tersebut ke dalam suatu bentuk visual. (Brown, 2012)

Ketika membuat proyek film, salah satu tugasnya adalah menciptakan sebuah dunia visual untuk didiami oleh para karakternya. Dunia visual ini merupakan bagian penting dari bagaimana penonton akan mempersepsikan cerita, bagaimana memahami setiap karakter dan motivasinya.

Jika membayangkan tentang beberapa karya film besar seperti "On the Waterfront", "Apocalypse Now", atau "The Big Sleep", semuanya memiliki sesuatu yang jelas, yaitu suatu alam semesta yang bisa diidentifikasi sebagai tempat mereka berada, yang terdiri dari lokasi, set, kostum, bahkan suara, sampai pada batas-batas dimana bisa dibentuk oleh sinematografi. Semua elemen ini bekerja

bersama dan saling terkait satu sama lainnya. Mungkin saja set yang dibangun sangat fantastis, tetapi jika pencahayaannya tidak baik maka hasil akhirnya akan di bawah standar.

Sebagai contoh dari sinematografi bisa dilihat dari cuplikan bagian awal film “Blade Runner” pada Gambar 1.1. Tanpa menggunakan dialog sama sekali, dapat diketahui bahwa film ini berada di dunia futuristik yang menerapkan teknologi tingkat tinggi (*high-tech*). Hal ini dapat terlihat dengan adanya *billboard* elektronik dengan ukuran yang luar biasa besarnya serta adanya mobil yang bisa terbang. Gedung pencakar langit yang mewah dan kehidupan jalanan yang kumuh bercerita tentang banyak hal mengenai struktur sosial. Selain itu, diperlihatkan selalu hujan, hal ini mengisyaratkan adanya perubahan iklim yang dramatis. Dijemput oleh polisi, Deckard (diperankan oleh Harrison Ford) diangkut menggunakan mobil polisi yang bisa terbang menuju markas besar polisi, mendarat di atapnya.

Setibanya di dalam ruangan kantor polisi tersebut, tiba-tiba suasananya berubah, interiornya tidak futuristik sama sekali. Dan ketika tiba di ruang kantor kapten polisinya, sekali lagi diperlihatkan sesuatu yang janggal karena personelnya menggunakan pakaian dari jaman yang lebih kuno, ada lemari berkas yang terbuat dari kayu, kipas angin di atas meja dan televisi kuno.

(a)

(b)

(c)

(d)

Gambar 1.1 Contoh penyampaian pesan melalui adegan film: (a) Suasana dunia futuristik dengan adanya *billboard* elektronik raksasa dan mobil yang dapat terbang, (b) Lingkungan kumuh yang menunjukkan adanya banyak tingkatan social, (c) Suasana di dalam ruangan kantor kapten polisi yang menggambarkan suatu masa, (d) Pakaian dan atribut yang dikenakan karakter untuk menggambarkan waktu dan sifatnya. (Brown, 2012)

Sang sutradara ingin mengirimkan pesan sederhana: film ini mungkin tentang masa depan dengan mobil yang bisa terbang dan semacamnya, tetapi intinya adalah film ini bercerita tentang polisi kuno yang keras kepala dan femme fatale, dimana kesemuanya itu dikomunikasikan melalui sarana visual.

Peralatan yang digunakan dalam sinematografi dibagi menjadi dua bagian besar, yaitu peralatan secara fisik dan konseptual. Ada banyak sekali peralatan fisik, antara lain: kamera, rel (lori), lampu, derek dan dudukan kamera. Sedangkan peralatan konseptual juga ada beberapa, diantaranya adalah: bingkai (*frame*), cahaya, warna, lensa, pergerakan, tekstur, informasi dan POV (*Point-of-View*).

Dari beberapa peralatan konseptual yang telah dibahas di atas, cahaya merupakan salah satu hal yang sangat penting dalam sinematografi. Cahaya dalam sinematografi tidak hanya digunakan untuk menerangi obyek sehingga dapat ditangkap oleh kamera, tetapi juga dapat digunakan untuk tujuan lain seperti memberikan kesan tertentu terhadap set dan karakter, memberikan penekanan terhadap emosi yang sedang berlangsung, memperkuat obyek, dan lain-lain.

Gambar 1.2 Penggunaan lensa lebar pada film The Lady from Shanghai yang memanfaatkan pencahayaan guna mendukung titik cerita pada suatu momen. (Brown, 2012)

Sebagai contoh, penggunaan lensa lebar akan menciptakan ruang yang jelas antar karakter dalam adegan klimaks yang diambil dari film The Lady from Shanghai; karakter wanita itu menuju ke arah cahaya dan dia terlihat dalam siluet lengkap, yang semuanya itu dapat dengan tepat mendukung titik cerita pada momen tersebut. (Gambar 1.2)

Pada perfilman, pencahayaan bisa memiliki beberapa fungsi, antara lain untuk menyinari obyek, menciptakan gambar yang artistik, menghilangkan bayangan yang tidak perlu, serta membuat efek khusus. Menyinari obyek artinya memberikan pencahayaan agar obyek atau subyek bisa terlihat jelas. Tidak semua bayangan itu diperlukan dan tidak semua bayangan tidak diperlukan. Dengan pencahayaan tertentu bayangan bisa dihilangkan, dikurangi, atau bahkan ditambah. Perlu tidaknya bayangan sangat tergantung dari konsep film itu sendiri.

Terdapat tiga posisi pencahayaan dalam sinematografi, yaitu:

1. *Key light*

   Key light adalah pencahayaan utama yang diarahkan pada obyek dan merupakan sumber pencahayaan yang paling dominan. Biasanya *key light* lebih terang dibandingkan dengan *fill light*. Dalam desain 3 poin pencahayaan, *key light* ditempatkan pada sudut 45 derajat di atas obyek.

2. *Fill light*

   Fill light merupakan pencahayaan pengisi, biasanya digunakan untuk menghilangkan bayangan obyek yang disebabkan oleh *key light*. *Fill light* ditempatkan berseberangan dengan obyek yang mempunyai jarak yang sama dengan *key light*. Intensitas pencahayaan *fill light* biasanya setengah dari *key light*.

3. *Back light*

   Back light adalah pencahayaan dari arah belakang obyek yang berfungsi untuk memberikan dimensi agar obyek tidak “menyatu” dengan latar belakang. Pencahayaan ini diletakkan 45 derajat di belakang obyek dengan intensitas pencahayaan yang sangat tergantung dari pencahayaan *key light* dan *fill light*, serta tentu saja tergantung pada subyeknya. Misal *back light* untuk orang berambut pirang akan sedikit berbeda dengan pencahayaan untuk orang dengan warna rambut hitam.

Selain ketiga jenis posisi pencahayaan tersebut, juga dikenal adanya jenis pencahayaan lain yaitu *background light*. Jenis pencahayaan ini digunakan dengan tujuan agar latar belakang panggung atau set tetap bisa dilihat dengan baik. Selain itu, *bakground light* juga dapat digunakan untuk menambah kedalaman suatu obyek sehingga terlihat lebih menonjol.

Hal-hal lain yang berhubungan dengan pencahayaan pada sinematografi adalah tentang arah cahaya terhadap obyek, kualitas cahaya yang digunakan, rasio pencahayaan (perbandingan antara *brightness* dan *lightness*), kontrol cahaya (penambahan atau pengurangan banyaknya sumber cahaya), intensitas cahaya, serta temperatur warna.

1.2 Permasalahan

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, permasalahan utama dari penelitian ini adalah bahwa belum banyak penerapan sistem otomatis untuk pencahayaan dalam sinematografi.

Sedangkan permasalahan yang dihadapi dalam penyelesaian penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pencahayaan pada sinematografi sebagian besar masih dikerjakan manual, sehingga diperlukan tenaga kerja yang handal yang dapat menyatu dengan keinginan sutradara.
2. Pengaturan pencahayaan secara manual akan memperlambat waktu produksi sebuah film.
3. Pencahayaan sangat bergantung kepada skenario yang ada, sedangkan perwujudan skenario ke dalam sebuah film sangat bergantung kepada gaya dari masing-masing sutradara.
4. Dibutuhkan sebuah sistem pencahayaan secara otomatis yang sesuai dengan kaidah sinematografi untuk mendukung proses dalam machinima.
5. Bagaimana memanfaatkan cahaya agar gambar yang dihasilkan dapat sesuai dengan keinginan sutradara menurut kaidah sinematografi.
6. Bagaimana menerapkan logika fuzzy dalam perhitungan intensitas sumber cahaya tambahan serta menentukan masing-masing posisi dan arahnya.

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan yang akan dicapai dari penelitian ini adalah membangun suatu sistem pencahayaan otomatis pada proses machinima yang sesuai dengan kaidah sinematografi sehingga dapat menghilangkan peran manusia dalam prosesnya.

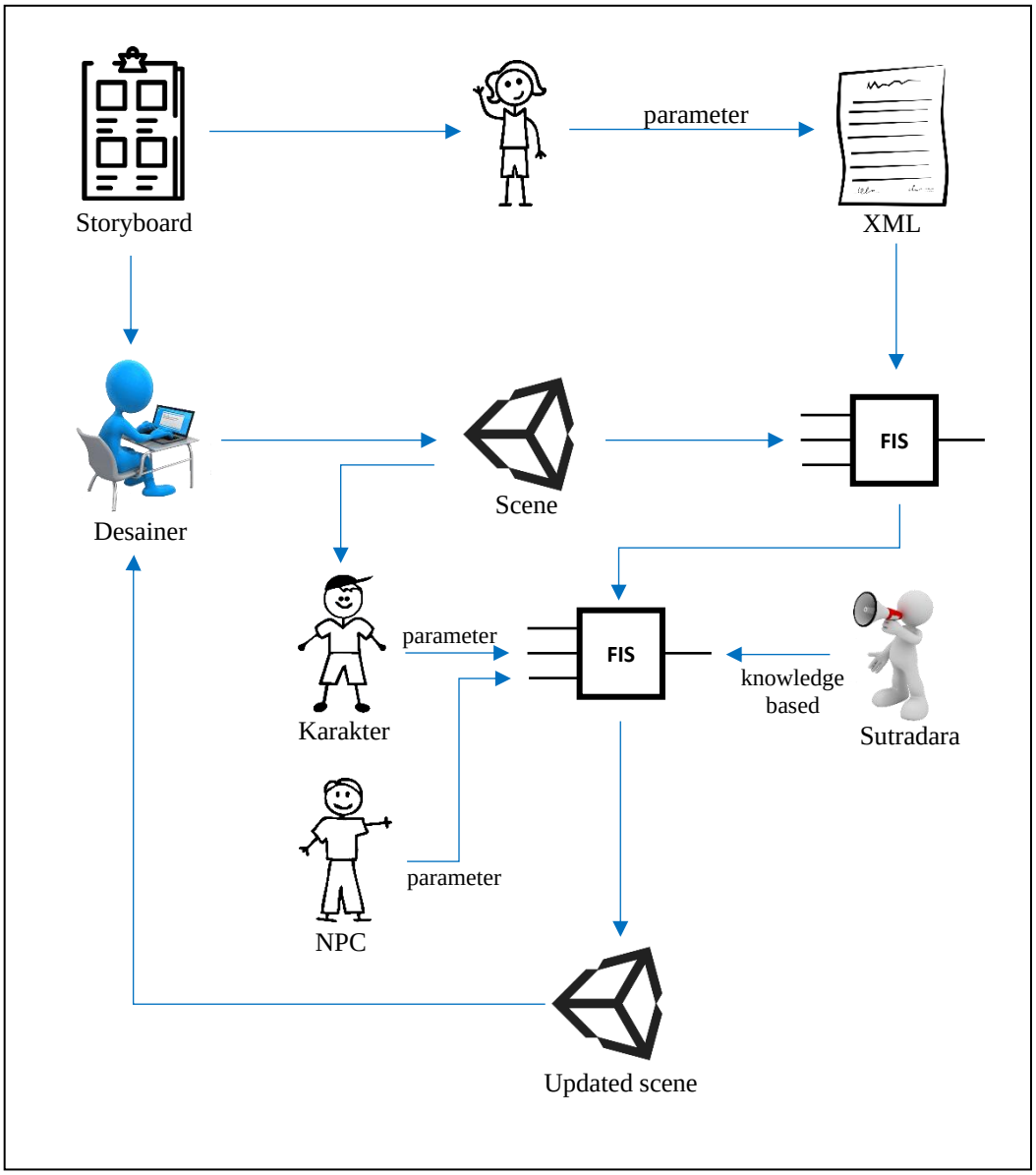
Untuk mencapai tujuan di atas maka ada beberapa hal yang harus dilakukan, yaitu:

1. Menemukan metode yang tepat untuk dapat digunakan dalam penentuan banyaknya sumber cahaya, jenis pencahayaan, kualitas cahaya, rasio pencahayaan, arah cahaya, dan intensitas cahaya.
2. Mengembangkan sebuah gaya penyutradaraan dalam hal pencahayaan terhadap obyek yang sesuai dengan skenario.
3. Untuk mengetahui apakah hasil animasi skenario cerita telah sesuai dengan behavior yang diharapkan maka hasil output dari sistem ini akan divalidasi berdasarkan survei *audience*.

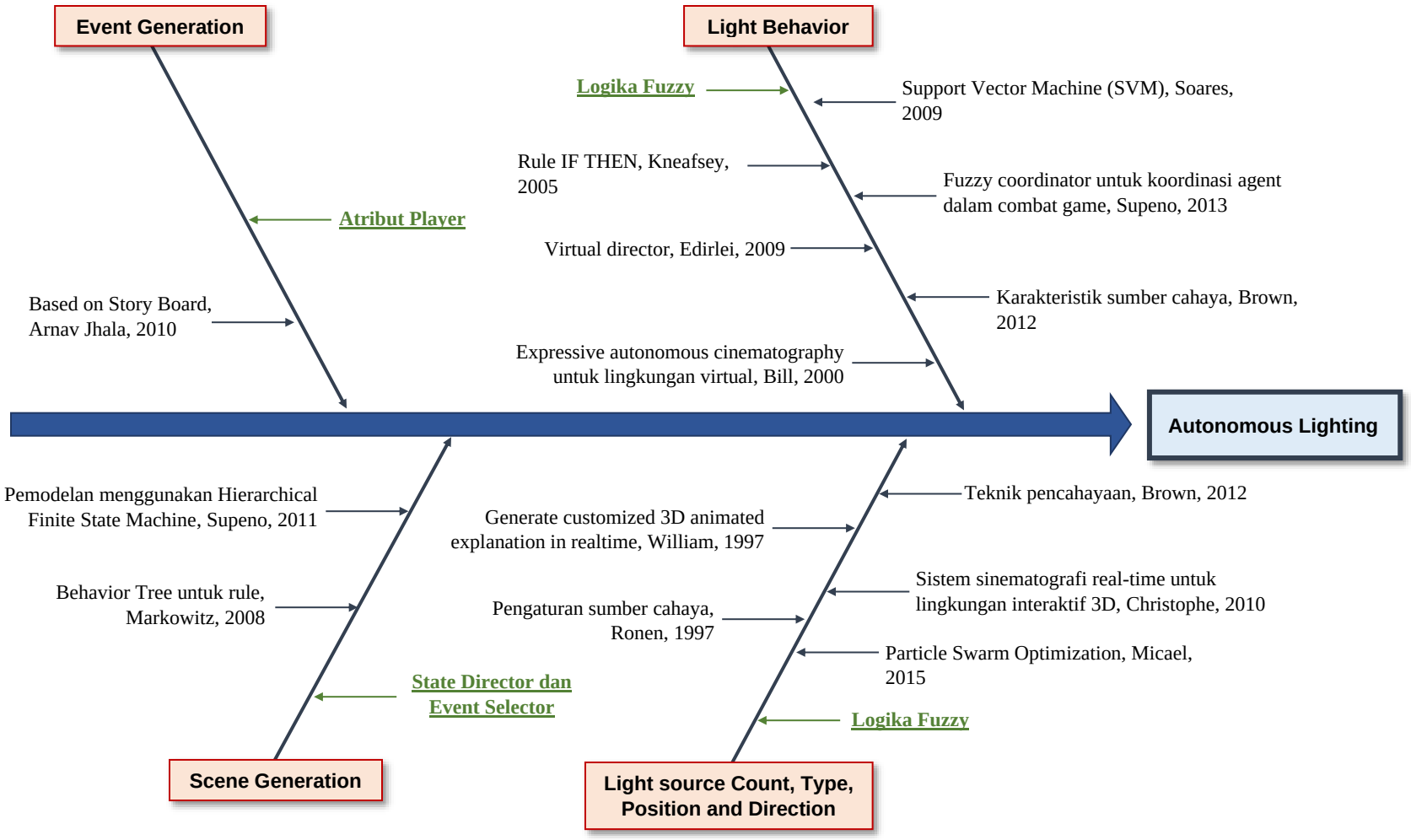
Sedangkan manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah agar sistem yang dibangun bisa digunakan dalam seni sinematografi sehingga dapat membantu insan seni dalam menghasilkan karya film yang baik.

1.4 Tahapan Penelitian

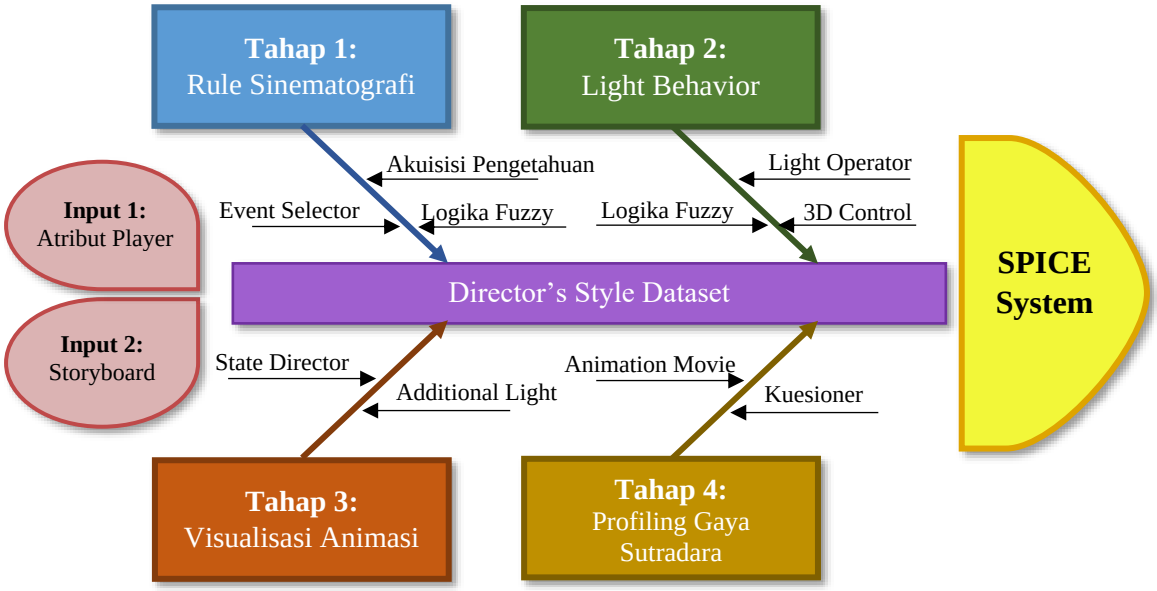
Overview keseluruhan dari sistem yang diusulkan dapat dilihat pada Gambar 1.3 sehingga tahapan dalam penelitian ini akan dibagi dalam 4 tahap. Diagram tulang ikan (*fishbone*) orisinalitas penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.4 dan *fishbone diagram* dari tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.5.



Gambar 1.3 Overview sistem secara keseluruhan.



Gambar 1.4 Bagan *fishbone* orisinalitas penelitian



Gambar 1.5 Fishbone diagram tahapan penelitian pembuatan SPICE system.

Gambar 1.3 merupakan gambaran keseluruhan sistem yang dibangun dalam penelitian ini. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa sistem ini memiliki dua buah FIS (*Fuzzy Infenrence System*) yang berbeda. Masing-masing FIS tersebut akan dibahas pada bagian lain buku ini.

FIS yang pertama digunakan untuk pengukuran sumber cahaya terpasang dengan mengacu pada pengetahuan secara umum. Hasil keluaran dari sub sistem ini akan digunakan sebagai acuan pada saat merancang FIS yang kedua. FIS yang kedua digunakan untuk melakukan penempatan dan pengaturan sumber cahaya tambahan dengan gaya sutradara.

Ada beberapa penelitian sebelumnya yang berhubungan secara langsung maupun tidak langsung dengan penempatan dan pengaturan sumber cahaya tambahan. Beberapa penelitian tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.4. Secara garis besar penelitian terkait dibagi menjadi empat sub penelitian, yaitu penelitian pertama yang berhubungan dengan bagaimana penerbitan event yang diambil dari storyboard, sub penelitian kedua mengenai pembentukan adegan, sub penelitian ketiga mengenai karakteristik cahaya, dan sub penelitian keempat berhubungan dengan perilaku sumber cahaya yang merupakan inti dari penelitian ini yaitu bagaimana sumber cahaya itu ditempatkan beserta pengaturan parameter-

parameternya.

Penelitian ini akan menggunakan sistem koordinat dan atribut dari player dengan mempertimbangkan kondisi-kondisi lainnya yang diambil dari storyboard dengan menggunakan aplikasi bantu lainnya. Sedangkan untuk perilaku penempatan serta penentuan parameter-parameter sumber cahaya tambahan pada penelitian ini menggunakan pendekatan logika fuzzy.

Tahapan penelitian seperti yang tampak pada Gambar 1.5 dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Aturan sinematografi

   Tahap pertama dari penelitian ini adalah akuisisi pengetahuan mengenai aturan-aturan pada sinematografi. Pada tahapan ini akan dibentuk sebuah *event selector* yang merupakan tahap validasi awal dari urutan aksi yang dilakukan pada permainan komputer. Disamping itu juga akan dilakukan akuisisi gaya penempatan sumber cahaya oleh seorang sutradara yang merupakan pengetahuan dasar pada tahap-tahap berikutnya.

2. *Light behavior*

   Tahap kedua dari penelitian ini adalah pembentukan agen cerdas yang berfungsi untuk menentukan posisi sumber cahaya tambahan secara otomatis berdasarkan gaya sutradara. Logika fuzzy akan digunakan sebagai pendekatan pada tahapan ini. Hasilnya adalah perhitungan intensitas cahaya terpasang yang sesuai dengan skenario pada ruang 3D.

3. Visualisasi animasi

   Tahap ketiga dari penelitian ini adalah visualisasi animasi berdasarkan parameter-parameter yang dihitung pada tahap kedua. Di samping itu pada tahapan ini juga akan ditentukan penambahan sumber cahaya beserta parameter yang melekat padanya sehingga film animasi yang dihasilkan bisa sesuai dengan kebiasaan sutradara berdasarkan *state director*.

4. Profiling gaya sutradara

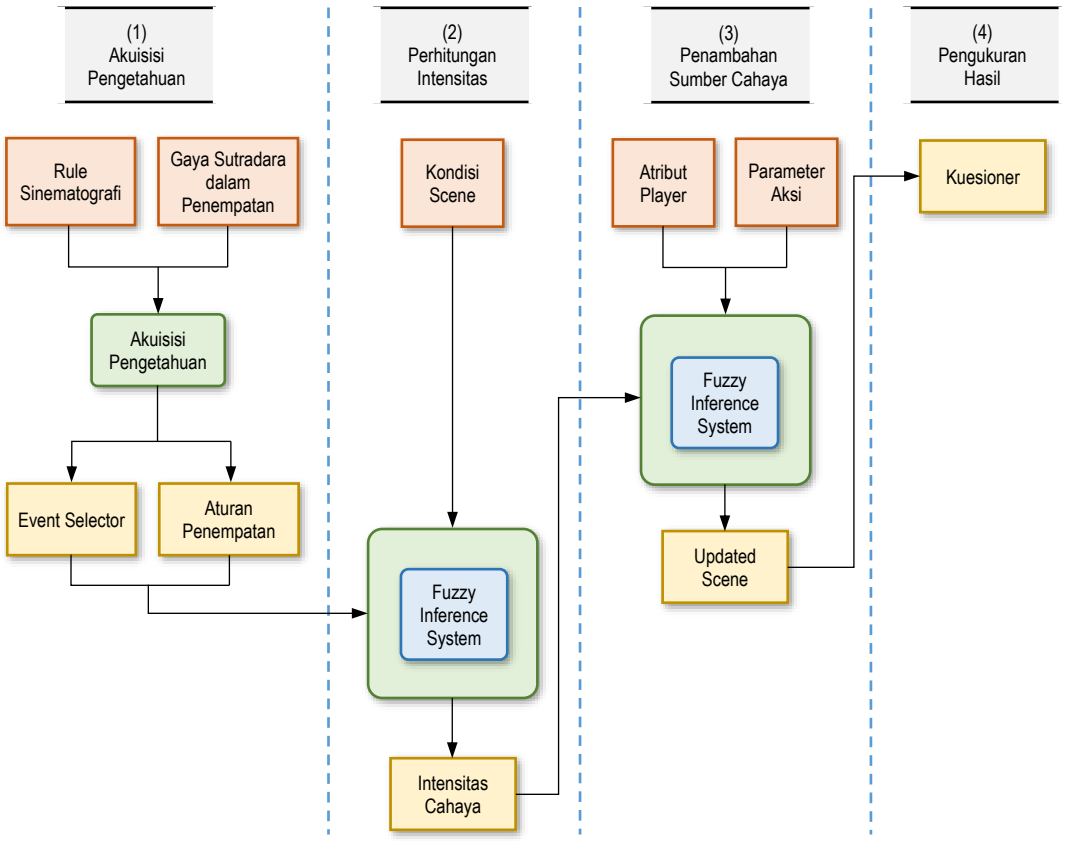
   Tahap keempat dari penelitian ini adalah tahap pengukuran hasil visualisasi animasi apakah sudah sesuai dengan gaya sutradara yang dirancang sebelumnya. Untuk pengukuran ini dilakukan dengan cara kuesioner kepada beberapa desainer film 3D.

Yang merupakan hasil akhir dari penelitian ini adalah terbentuknya sebuah sistem penempatan dan pengaturan sumber cahaya tambahan secara otomatis yang berbasis pada sutradara virtual dalam lingkungan virtual.

1.5 Kontribusi Penelitian

Penelitian ini akan memberikan kontribusi berupa sebuah sistem *virtual director* yang terintegrasi untuk penempatan sumber cahaya tambahan beserta dengan pengaturan parameter-parameternya agar sesuai dengan gaya sutradara dalam pembuatan produk sinematik atau *machinima*. Sistem ini diberi nama SPICE System.

1.6 Roadmap Penelitian



Keterangan warna: tahapan penelitian (kelabu), data input (merah), proses (hijau), sub proses (biru), data output (kuning)

Gambar 1.6 Bagan roadmap penelitian

Meskipun ada beberapa penelitian pada bidang yang sama telah dilakukan, tetapi topik penelitian ini masih bisa terus berkembang seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi komputer. salah satu parameter yang dapat menunjukkan bahwa penelitian ini masih orisinal dapat dilihat pada Gambar 1.7 dan Tabel 1.1.

1.6.1 Roadmap Penelitian Ini

Ada empat tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Akuisisi pengetahuan berdasarkan aturan sinematografi.
2. Pembuatan system cerdas untuk perhitungan intensitas cahaya yang mengenai permukaan suatu obyek.
3. Penempatan sumber cahaya tambahan beserta pengaturan parameter-parameternya.
4. Pengukuran hasil penambahan sumber cahaya pada *scene*.

Sistem yang dibangun diberi nama SPICE System yang merupakan singkatan dari:

- *Scenario*: kondisi yang ada di dalam skenario.
- *Point of View*: POV dari kamera terhadap obyek.
- *Intensity*: intensitas cahaya pada lingkungan film.
- *Camera position*: posisi kamera yang aktif
- *Emotion*: emosi dari karakter

Kelima parameter di atas merupakan factor-faktor yang mempengaruhi parameter-parameter dari sumber cahaya yang ditambahkan ke dalam *scene*.

1.6.2 Penelitian Sebelumnya

Seiring dengan perkembangan teknologi informasi di berbagai bidang, hingga saat ini telah terjadi pertumbuhan minat yang cukup pesat khususnya dalam hal industri kreatif seperti *game*, film konvensional dan film animasi baik yang 2 dimensi maupun 3 dimensi. Penelitian di bidang *machinima* memang telah banyak dilakukan tetapi yang khusus di bidang pencahayaan masih belum banyak dilakukan. Penelitian-penelitian terkait yang telah dilakukan untuk menunjang penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Matriks Pelacakan Publikasi dari Penelitian Sebelumnya

Tahun	Pengarang dan Publikasi	Judul Penelitian	Parameter	Pendekatan *Behavior*	Pengukuran
2017	Timothy R. Kol, Oliver Klehm, Hans-Peter Seidel, dan Elmar Eisemann. IEEE Transaction on Visualization and Computer Graphics, vol.23, No.7, pp.1753-1766, Juli 2017	Expressive Single Scattering for Light Shaft Stylization		Real-time scattering background dan light map optimization	
2017	Pornubpan Hengtaweesub. Tesis, Texas A&M University, Mei 2017	Investigating The Effects of Cinematic Lighting in 3D Animated Scenes on Viewers' Emotions and Perceived Story	Posisi sumber cahaya	Sinematografi	
2015	Andre Kuijsters, Judith Redi, Boris de Ruyter, dan Ingrid Heynderickx. Plos One, Juli 2015	Lighting to Make You Feel Better: Improving the Mood of Elderly People with Affective Ambiences		Self-Assessment Manikin	
2015	Bilal Merabti, Marc Christie dan Kadi Bouatouch. The International Journal of the Eurographics Association, vol.35, issue 8, pp.51-67, November 2015	A Virtual Director Using Hidden Markov Models		Hidden Markov Models	

Tahun	Pengarang dan Publikasi	Judul Penelitian	Parameter	Pendekatan *Behavior*	Pengukuran
2015	Jennifer Lee Poland. Tesis Cleveland State University, Agustus 2015	Lights, Camera, Emotion! An Examintation on Film Lighting and Its Impact on Audiences' Emotional Response	Intensitas cahaya	Sinematografi	
2015	P. Burelli dan G.N. Yannakakis, User Modeling and User-Adapted Interaction, vol.25, pp.155-183, Juni 2015	Adapting virtual camera behaviour through player modelling		Machine Learning	
2014	William Barry and Brian J. Ross, Proceedings of the 2014 Annual Conference on Genetic and Evolutionary	Virtual Photography Using Multi-Objective Particle Swarm Optimization	Rule of third, horizon line dan Point of Interest (POI)	Multi-Objective Particle Swarm Optimization	
2012	Anna Maszerowska. MonTI 4, pp.65-85, 2012	Casting the Light on Cinema – How Luminance and Contrast Patterns Create Meaning	Warna dan *contrast* cahaya	Sinematografi	
2011	Supeno Mardi S.N., Yunifa Miftachul Arif, Mochamad Hariadi, Mauridi Hery Purnomo, Jurnal Ilmiah Kursor, vol.6, no.1, pp.55-64, 2011	Perilaku Taktis Untuk Non-Player Character di Game Peperangan Meniru Strategi Manusia Menggunakan Fuzzy Logic dan Hierarcical Finite State Machine	Kekuatan dan amunisi	Logika Fuzzy menggunakan Hierarchical Finite State Machine	

Tahun	Pengarang dan Publikasi	Judul Penelitian	Parameter	Pendekatan *Behavior*	Pengukuran
2011	W. Russell Neuman dan Lauren Guggenheim, International Communication Association, pp.169-196, 2011	The Evolution of Media Effects Theory: A Six-Stage Model of Cumulative Research			
2010	Arnav Jhala dan R. Michael Young, 2010. IEEE Transaction on Computational Intelligence and AI in Games, vol.2, no.2, pp.69-81, Juni 2010	Cinematic Visual Discourse: Representation, Generation and Evaluation	Storyboard	Storyboard dan 9 parameter yang tergabung dalam operator LookAt	Question and answer
2010	J. Assa, L. Wolf dan D. Cohen-Or. Eurographics, vol.29, No.2, 2010	The Virtual Director: A Correlation-Based Online Viewing of Human Motion	Posisi sumber cahaya	Canonical Correlation Analysis	
2010	Christopher M. Jung, Sat Bir S. Khalsa, Frank A. J. L. Scheer, Christian Cajochen, Steven W. Lockley, Charles A. Czeisler dan Kenneth P. Wright Jr. Journal of Biological Rhythms, vol.25, No.3, pp.208-216, Juni 2010	Acute Effects of Bright Light Exposure on Cortisol Levels	Intensitas cahaya	Circadian rhythm	

Tahun	Pengarang dan Publikasi	Judul Penelitian	Parameter	Pendekatan *Behavior*	Pengukuran
2008	Igor Knez dan Simon Niedenthal. 2008	Lighting in Digital Game Worlds: Effects on Affect and Play Performance	Warna cahaya	Sinematografi	
2005	Cheng-Yu Wie, Nevenka Dimitrova dan Shih-Fu Chang. IEEE Xplore – 2004 IEEE International Conference on Multimedia ond Expo (ICME), Februari 2005	Color-Mood Analysis of Film Based on Syntatic and Psychological Models	Warna cahaya	Support Vector Machine	
2005	James Kneafsey dan Hugh McCabe, Proceeding of DiGRA (Digital Game Research Association) 2005 Conference, 2005	CameraBots: Cinematography for Games with Non-Player Characters as Camera Operator		Rule IF-THEN	
2000	William Bares, Scott McDermott, Christina Bourdreaux dan Somying Thainimit, Proceeding of the eight International Conference on Multimedia, Los Angeles, Amerika, pp.177-186, 2000.	Virtual 3D Camera Composition from Frame Constraints	Storyboard	Penempatan secara manual berdasarkan interactive storyboard dengan menggunakan constraints	

1.7 Sistematika Pembahasan

Berdasarkan roadmap penelitian dan matriks pelacakan publikasi sebelumnya, maka pembahasan inti dari disertasi ini dimulai dengan perhitungan intensitas cahaya terpasang yang mengenai obyek karakter utama yang ada di dalam scene pada Bab 3, kemudian dilanjutkan dengan proses perhitungan posisi dan arahnya pada Bab 4. Penulisan disertasi ini terdiri atas 6 bab, dengan rincian sebagai berikut:

Bab 1 Pendahuluan

Pada bagian ini berisi latar belakang, permasalahan, tujuan dan manfaat penelitian, kontribusi dan originalitas penelitian, roadmap dan tahapan penelitian.

Bab 2 Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi penjelasan mengenai machinima, pengenalan terhadap aturan-aturan sinematografi yang merupakan dasar dari penelitian ini dan logika fuzzy. Pada bab ini juga akan dibahas mengenai penelitian sebelumnya yang berkaitan erat dengan penelitian disertasi ini serta terminology yang digunakan dalam penelitian ini.

Bab 3 Penentuan Intensitas Sumber Cahaya Tambahan Dengan Logika Fuzzy

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai konsep pencahayaan pada sinematografi, perancangan sistem yang diusulkan serta proses perhitungan intensitas cahaya yang berada di permukaan obyek.

Bab 4 Penentuan Posisi dan Arah Sumber Cahaya Tambahan

Bab ini berisi tentang proses penambahan sumber cahaya tambahan ke dalam scene dengan menggunakan logika fuzzy. Penambahan sumber cahaya ini berikut dengan pengaturan besarnya intensitas, posisi serta arahnya.

Bab 5 Implementasi Pada Scene Film Animasi

Hasil penelitian akan diterapkan pada beberapa scene film animasi untuk kemudian dilakukan proses penilaian terhadap atribut-atribut yang dihasilkan oleh sistem yang diusulkan.

Bab 6 Penutup

Bab ini merupakan bab terakhir yang berisi tentang kesimpulan dari penelitian disertasi ini serta saran bagi penelitian selanjutnya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 2
TINJUAUAN PUSTAKA

Kajian pustaka ini dibagi menjadi dua bagian: sinematografi dan *machine learning*. Pada masing-masing bagian dijelaskan teknik-teknik yang dipakai untuk menunjang disertasi ini.

2.1 Machinima

Pada sub bab ini akan dibahas secara garis besar mengenai suatu teknologi di bidang multimedia dan sinematografi yang disebut dengan machinima.

2.1.1 Pengantar Machinima

Machinima adalah suatu teknik pembuatan film di dalam lingkungan maya (*virtual reality*). Machinima adalah suatu teknik untuk mengambil sudut pandang kamera di dunia maya, merekamnya, menyuntingnya, dan memperlihatkan hasilnya kepada orang lain sebagai sebuah film (Frolunde, 2010). Dengan menggunakan machinima, seseorang dapat menciptakan lokasi secara maya (*virtual*) dan karakter apa saja yang bisa diimajinasikan. Dan di dalam lokasi tersebut kita dapat melakukan apa saja yang diinginkan.

BloodSpell (www.bloodspell.com), sebagai salah satu penghasil film animasi pendek, menunjukkan bahwa seseorang dapat melakukan banyak hal dengan machinima yang akan menghabiskan banyak biaya jika dilakukan dengan media lainnya. (Gambar 2.1)

Pada pembuatan film pada era tahun 1900-an, pembuat film hanya berpikir bagaimana menyatukan gambar *frame* demi *frame* dan bagaimana menentukan sudut pandang yang baik. Kegiatan-kegiatan dengan tujuan untuk menghasilkan suatu karya seni yang baik, seperti memanipulasi gambar, penyutradaraan, membuang *frame*, menyisipkan *frame*, semuanya dilakukan berdasarkan apa yang terlihat oleh mata.

Gambar 2.1 Cuplikan dari salah satu film animasi pendek karya BloodSpell (Hancock, 2007).

Tetapi setelah kemajuan 100 tahun setelah itu, penghasil machinima memiliki mata buatan yang lain, yaitu sudut pandang komputer dalam lingkungan maya. Seperti halnya kamera, sudut pandang ini juga dapat dimanipulasi seperti dibuat lebih lebar atau lebih sempit, dan menambahkan efek-efek palsu (buatan). Selain itu, juga seperti halnya kamera, adegan pada machinima juga dapat direkam, dipotong dan disisipi, untuk menghasilkan suatu karya seni yang disebut film.

Lingkungan yang diciptakan adalah maya, sehingga kita dapat melakukan semua hal di sini, seperti membuat mahluk dengan bentuk yang tidak pernah ada di dunia ini, mengontrol gerakan dan reaksi mereka, membuat tanaman dengan kemampuan yang aneh, bahkan menampilkan pesawat luar angkasa yang ukurannya seluas bumi ini.

2.1.2 Keuntungan dan Kerugian Menggunakan Machinima

Menurut Hancock (2007), pembuatan sebuah film dengan menggunakan Teknik machinima memiliki beberapa keuntungan, yaitu:

1. Murah.

   Penggunaan machinima bias dikatakan sangat murah karena hanya diperlukan sebuah perangkat komputer saja. Hanya dengan seperangkat komputer spesifikasi tertentu, seseorang sudah dapat membuat film yang cukup baik. Hal

serupa jika dikerjakan secara konvensional maka akan menelan lebih banyak biaya, antara lain untuk pembelian perangkat kamera, *audio recorder*, peralatan untuk pencahayaan, menyewa para aktor, membuat *set*-nya, dan lain sebagainya.

2. Tidak dibatasi oleh skala.

   Jika film yang akan dibuat melibatkan set yang luas, perang kolosal, dan aksi-aksi menegangkan, maka sudah dapat dipastikan film tersebut akan sulit dikerjakan. Tetapi dengan machinima hal serupa dapat dikerjakan dengan duduk di depan komputer.

3. Pembelajaran yang luar biasa.

   Machinima merupakan sebuah alat luar biasa yang bisa digunakan oleh seorang pembuat film yang potensial. Jika merekam sesuatu yang tidak diinginkan, maka tidak ada kerugian lain selain waktu, tidak ada kerugian finansial dan batas waktu yang perlu dikuatirkan. Itu berarti bebas untuk mencoba beberapa teknik dan pendekatan serta belajar dari kesalahan.

4. Dapat menangani rangkaian aksi dengan baik.

   Sifat alami dari sebuah *video game* adalah menyajikan pertempuran bersenjata yang menarik, atau perlombaan kendaraan bermotor, atau bahkan pertempuran sihir yang luar biasa antara dua penyihir. Kita dapat memanfaatkan fitur-fitur tersebut pada machinima. Jika film pendek yang akan dibuat, maka macinima merupakan alat yang sempurna untuk mewujudkannya.

5. Cepat.

   Meskipun masih harus dilakukan perbaikan terhadap beberapa hal yang terjadi, tetapi jika dibandingkan dengan proses pembuatan film secara konvensional, maka machinima tergolong lebih cepat. Machinima lebih cepat daripada aplikasi yang digunakan untuk me-*render* animasi 3D (yang digunakan dalam pembuatan film *Toy Story* dan *Sherk*). Machinima juga jauh lebih cepat dibandingkan dengan pembuatan film animasi yang dikerjakan dengan menggambar manual dengan tangan. Bisa dikatakan bahwa seseorang dengan satu komputer bisa menghasilkan sebuah film lebih cepat daripada satu tim yang mengerjakannya dengan cara konvensional.

Tetapi menggunakan machinima juga mendatangkan kerugian lain, yaitu:

1. Karakter yang dihasilkan tidak dapat senyata jika menggunakan manusia.
2. film yang dihasilkan tidak bisa dibandingkan dengan film berbiaya besar seperti halnya film *box office*.
3. Kadang-kadang biaya pembuatan film dengan menggunakan machinima bisa menjadi lebih mahal.

2.1.3 Contoh Karya Machinima

Seperti yang telah dibahas sebelumnya bahwa machinima bisa diterapkan baik dalam pembuatan film animasi maupun *video game*. Berikut ini adalah beberapa contoh hasil karya yang dihasilkan dengan memanfaatkan teknik machinima dengan beberapa teknik pencahayaan yang diikutsertakan dalam 2nd Annual Machinima Interactive Film Festival (MIFF):

1. "Airlords of Airia" karya Dirk Müller

   Film ini bercerita tentang pertempuran udara yang melibatkan banyak sekali pesawat udara dalam berbagai jenis. Film ini dibuat dengan mengambil set di masa depan (futuristik). Dalam cuplikan film yang terlihat pada Gambar 2.2 bisa dilihat teknik pencahayaan yang mencampurkan beberapa jenis pencahayaan seperti fill light dan background light.

Gambar 2.2 Cuplikan adegan dari film Airlord of Airia. (awn.com)

2. "Battlefield 4: Divided We Stand" karya ApperturevFx Production

   Film ini mengambil kisah peperangan di hutan. Cuplikan adegan peperangan yang diambil pada saat sebuah grup kecil tentara berhasil menembak jatuh

pesawat udara milik musuh. Gambar 2.3 merupakan tangkap layar pada saat adegan penembakan pesawat tersebut.

Gambar 2.3 Adegan penembakan pesawat dalam film Battlefield 4. (awn.com)

3. “Exordium” karya Morgan Galen King

Gambar 2.4 Film animasi “Exordium” yang dihasilkan menggunakan teknik machinima. (awn.com)

Exordium adalah film yang dihasilkan dengan memanfaatkan teknik machinima yang tidak melibatkan aktor manusia yang sesungguhnya. Seluruh tokoh yang ada di film ini adalah animasi. Tetapi meskipun film ini merupakan

film animasi, tetapi dibuat dengan cukup detail. Cuplikannya dapat dilihat pada Gambar 2.4.

4. “Half-Life: Chain Reaction” karya Benjamin Combes

   Film Half-Life Chain Reaction berkisah tentang aksi pemberantan mahluk asing yang menyerang sebuah laboratorium. Banyak sekali adegan tembak-menembak yang ditampilkan dalam film ini, baik secara first person view, maupun third person view. Pada Gambar 2.5 diperlihatkan penggunaan cahaya back light yang menggambarkan seseorang berlari ke luar gedung melalui sebuah pipa saluran pembuangan.

Gambar 2.5 Teknik pencahayaan back light pada film Half-Life: Chain of Reaction. (awn.com)

5. “Mass Effect: Red Sand” karya University of Advancing Technology.

Gambar 2.6 Teknik pencahayaan key light dan fill light pada film Mass Effect: Red Sand. (awn.com)

Film ini bercerita tentang peperangan yang terjadi di planet Mars yang diselimuti pasir berwarna merah. Peperangan ini melibatkan manusia yang berasal dari Bumi dengan alien yang berada di planet Mars. Dikisahkan pada masa yang akan datang manusia di Bumi mendirikan stasiun di planet Mars. Film ini diilhami oleh game yang berjudul "Mass Effect" yang diproduksi oleh BioWare. Cuplikan adegan dari film ini dapat dilihat pada Gambar 2.6.

2.2 Sinematografi

Pada sub bab ini akan dibahas secara garis besar mengenai hal-hal yang berhubungan dengan proses pembuatan film, terutama yang berkaitan dengan kamera dan tata pencahayaan.

2.2.1 Pengantar Sinematografi

Sinematografi adalah kata serapan dari bahasa Inggris "Cinematography" yang berasal dari bahasa Latin "kinema" yang berarti "gambar". Sinematografi sebagai ilmu terapan merupakan bidang ilmu yang membahas tentang teknik menangkap gambar dan menggabung-gabungkan gambar tersebut sehingga menjadi rangkaian gambar yang dapat menyampaikan ide (dapat mengemban cerita).

Sinematografi memiliki objek yang sama dengan fotografi yakni menangkap pantulan cahaya yang mengenai benda. Karena obyeknya sama maka peralatannya pun serupa. Perbedaannya, peralatan fotografi menangkap gambar tunggal, sedangkan sinematografi menangkap rangkaian gambar. Penyampaian ide pada fotografi memanfaatkan gambar tunggal, sedangkan pada sinematografi memanfaatkan rangkaian gambar. Jadi sinematografi adalah gabungan antara fotografi dengan teknik perangkaian gambar atau dalam sinematografi disebut montase (*montage*).

2.2.2 Peralatan Konseptual dalam Sinematografi

Di dalam proses pembuatan film terdapat banyak sekali peralatan fisik seperti kamera, lampu, kerangka (*crane*), dudukan kamera, dan lain-lain. Tetapi ada peralatan lain yang tidak berbentuk fisik yang disebut dengan peralatan konseptual.

Ada banyak hal yang termasuk dalam peralatan konseptual, tetapi secara garis besar bisa dikelompokkan menjadi beberapa kategori, yaitu:

1. Frame

   Pemilihan frame adalah hal yang sangat mendasar dalam pembuatan film. Sebagai pembuat film harus bisa mengarahkan perhatian penontonnya, “lihat ke arah sini, sekarang perhatikan ini, sekarang ke arah sini, ...”. Pemilihan frame merupakan masalah menyampaikan cerita, tetapi juga soal komposisi, irama, dan perspektif.

2. Cahaya dan warna

   Cahaya dan warna merupakan alat yang paling kuat sebagai senjata bagi para sinematografer. Pencahayaan dan pengendalian warna adalah sesuatu yang memakan sebagian besar waktu sutradara pada kebanyakan set dan untuk tujuan yang baik. Kedua hal tersebut juga memiliki kekuatan khusus yang hanya diterapkan pada sedikit sekali bentuk seni seperti musik dan tari, dimanabisa mengatur tingkat emosional penonton/pendengar.

3. Lensa

   Yang dimaksud dengan lensa disini bukanlah lensa secara fisik, melainkan bagaimana berbagai macam lensa membuat “gambar” dengan cara yang berbeda. Ini adalah alat yang sangat luar biasa dalam bercerita secara visual, dimana kemampuan optik untuk mengubah “rasa” dan “nada”yang ditambahkan kepada suatu “gambar”.

4. Pergerakan

   Pergerakan adalah sebuah alat yang ampuh dalam pembuatan film. Pada kenyataannya, film merupakan salah satu dari sedikit bentuk seni yang menerapkan gerakan dan waktu; seni tari adalah contoh seni yang lainnya. Sebagai contoh, urutan pembukaan dari film Working Girl (Gambar 2.7), dimulai dari pengambilan gambar helikopter kemudian bergerak melingkari kepala Patung Liberty, kemudian mengambil feri Staten Island, dan kemudian akhirnya masuk ke dalam bagunan untuk menemukan karakter utama, yang dimainkan oleh Melanie Griffith.

Gambar 2.7 Contoh penggunaan pergerakan kamera untuk menyampaikan tujuan penting dari alur cerita. (Brown, 2012)

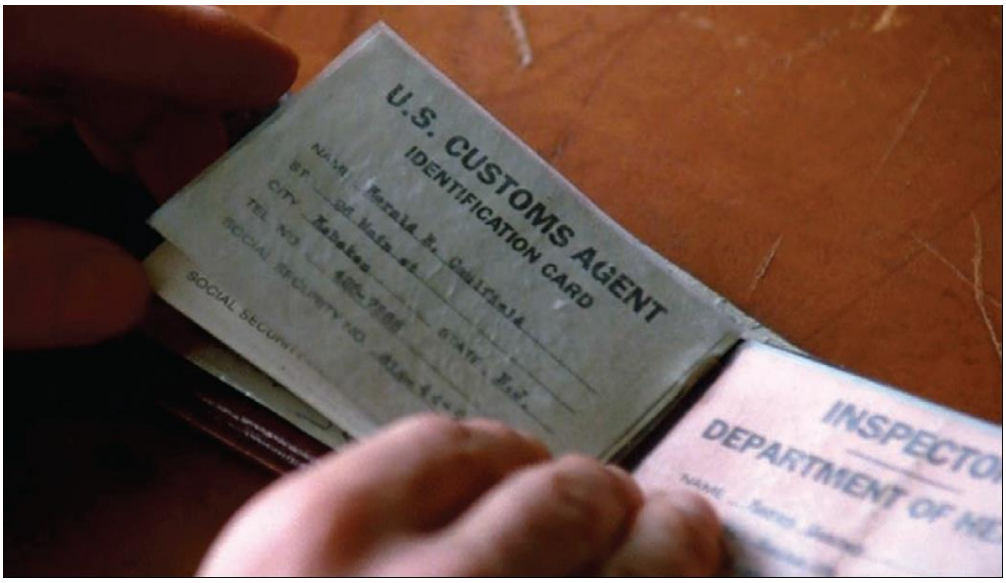
5. Tekstur

   Saat ini sangat jarang *shoot* dilakukan secara langsung apa adanya, dimana adegan direkam persis seperti yang muncul dalam kehidupan. Dalam kebanyakan kasus, terutama di film, iklan, dan tentu saja di video musik, gambar dimanipulasi dengan beberapa cara, antara lain dengan menambahkan beberapa tekstur visual. Ada banyak perangkat yang bisa digunakan untuk mencapai hal tersebut, antara lain mengubah warna dan kontras gambar, desaturasi warna gambar, filter, efek kabut, asap dan hujan, dan tentu saja seluruh fasilitas manipulasi gambar yang dapat dikerjakan dengan bantuan komputer.

6. Pengadaan

   Pengadaan adalah kemampuan kamera untuk mengungkapkan atau menyembunyikan informasi; atau bisa dikatakan sebagai pemaparan visual, yang dalam cerita lisan berarti menyampaikan informasi penting atau latar belakang untuk pendengarnya. Dalam *frame* dari film Angel Heart (Gambar 2.8), close-up dari dompet Mickey Rourke menyampaikan informasi cerita penting tanpa kata-kata bahwa dia membawa ID palsu untuk membantunya dalam pekerjaan kotor sebagai detektif swasta. Teknik pengadaan ini tidak hanya bisa dicapai oleh pemilihan frame dan lensa, tetapi juga dapat dilakukan dengan pencahayaan yang menyembunyikan atau mengungkapkan rincian

tertentu di lokasi kejadian.



Gambar 2.8 Teknik close-up untuk memberikan informasi yang tidak diungkapkan secara eksplisit dengan kata-kata. (Brown, 2012)

7. Sudut Pandang (Point of View)

   Point-of-view (POV) merupakan suatu alat utama dalam cerita visual. Ada beberapa pengertian yang digunakan dalam perfilman, tetapi yang paling sering digunakan adalah bagaimana kamera melihat sesuatu dengan cara yang sama seperti salah satu tokoh akan melihatnya: untuk melihat adegan dari sudut pandang tokoh tersebut. Pentingnya konsep ini adalah bahwa kamera pada dasarnya berperan sebagai persepsi pemirsa.

2.2.3 Visual Storytelling

Salah satu alat yang paling penting dalam pembuat film adalah visualmetaphor, yang merupakan kemampuan dari sebuah gambar untuk menyampaikan makna yang terkandung di dalamnya selain gambar itu sendiri. Atau bisa dikatakan sebagai "membaca apa yang tersirat" secara visual. Dalam beberapa film, benda-benda yang ada hanya dimaksudkan seperti benda itu sendiri apa adanya. Di beberapa film lainnya, ada banyak gambar membawa makna tersirat yang bisa menjadi alat bercerita yang sangat kuat. Sebagai contoh: di film Memento, kilas balik (yang bergerak maju dalam waktu) ditampilkan dalam gambar hitam-putih dan momen saat ini (yang bergerak mundur dalam waktu) ditampilkan

dalam gambar berwarna. Pada dasarnya, itu adalah dua bagian dari cerita yang sama dengan satu bagian bergerak ke depan dan bagian lainnya bercerita mundur. Pada titik waktu di mana mereka berpotongan, gambar hitam-putih secara perlahan berubah menjadi berwarna. Sutradara Christopher Nolan mengerjakan hal ini dengan cara yang halus dan elegan dengan menunjukkan perubahan gambar pada foto Polaroid (Gambar 2.9).

Gambar 2.9 Contoh visual metaphor yang menggambarkan perubahan waktu dari masa lalu ke masa saat ini. (Brown, 2012)

2.2.4 Dasar-Dasar Pencahayaan

Ada beberapa pernyataan yang sering didengar pada saat pembuatan film atau pengambilan foto, seperti: “Jika anda meneranginya dengan benar …” atau “Dengan pencahayaan yang baik, maka ...” dan sebagainya. Apa yang dimaksud dengan pencahayaan yang baik dan benar itu?

Pencahayaan memiliki permutasi dan variasi hampir tak terbatas. Pasti tidak ada satu cara yang “paling benar” untuk memberikan pencahayaan pada suatu adegan.

Akibatnya, tidak dapat dibuat sebuah daftar sederhana untuk menunjukkan teknik pencahayaan “yang tepat”. Yang dilakukan adalah mencoba mengidentifikasi apa yang diinginkan dari pencahayaan.

Gambar 2.10 Warna memegang peranan penting dalam pencitraan. (Brown, 2012)

2.2.4.1 Pengantar Teknik Pencahayaan

Ada beberapa hal yang diharapkan dengan menggunakan pencahayaan, termasuk di antaranya adalah agar sebuah gambar dapat memiliki:

1. *Mood* dan corak.

   Dalam percakapan sehari-hari, sering istilah sinematik digunakan untuk menggambarkan sesuatu yang menyerupai film. Sebagai contoh, seseorang akan mengatakan bahwa suatu novel tertentu adalah sinematik, jika di dalam novel tersebut terdapat alur cerita yang cepat, banyak deskripsi (gambaran),

dan sangat sedikit eksposisi (penjelasan yang rinci). Tetapi di dalam sinematografi, istilah sinematik digunakan untuk menggambarkan semua alat, teknik, dan metode yang digunakan untuk menambahkan arti, emosi, corak, dan mood terhadap suatu konten.

Lensa, pakaian, properti, dan lainnya memang penting, tetapi pencahayaanlah yang benar-benar membuat suatu perbedaan. Pencahayaan tidak pernah lebih penting dari pada fashion dan kecantikan, di mana tujuannya adalah tidak hanya untuk membuat model dan pakaian (atau apa pun produknya) terlihat luar biasa, tetapi juga melakukannya dengan "sikap" nyata, yaitu pencitraan, corak, bayangan halus yang sesuai dengan konsep

2. Rentang corak yang lebar: gradasi corak.

   Dalam beberapa kasus, suatu gambar diinginkan memiliki rentang corak yang lebar, dari hitam ke putih (corak warna selalu dibahas dalam istilah *grayscale*, tanpa memperhatikan warna). Secara umum, suatu gambar yang memiliki corak sangat lebar dengan kehalusan gradasi di segala sisi, akan lebih enak dipandang mata, lebih realistis, dan memberikan dampak yang besar.

(a) **(b)**

Gambar 2.11 Contoh gradasi corak: (a) Pencahayaan dari depan yang datar membuat gambar menjadi kurang kuat; (b) Pencahayaan dari samping akan menonjolkan bentuk subyek dan menambah kedalamannya. (Brown, 2012)

3. Kontrol dan keseimbangan warna.

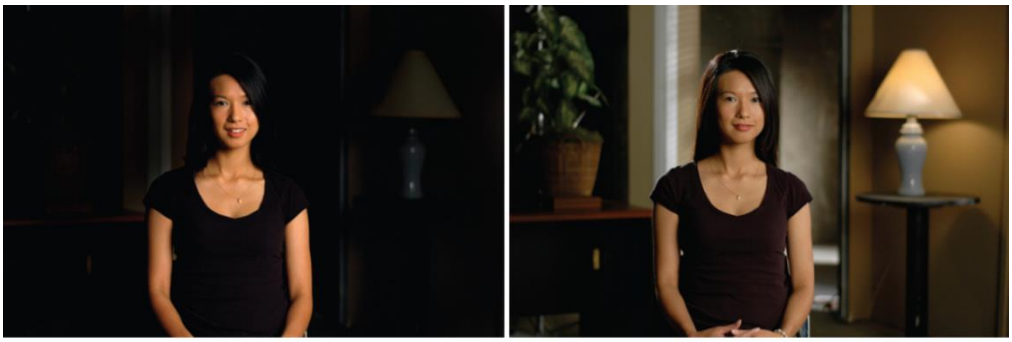
   Kontrol warna dan keseimbangan warna merupakan aspek penting dari pencahayaan. Ada dua sisi dari masalah ini. Pertama (tanpa efek khusus), pencahayaan itu sendiri harus seimbang dalam warna; dua standar yang paling umum adalah keseimbangan siang (5.500K) dan keseimbangan tungsten (3.200K). Kedua, dimungkinkan ada bentuk keseimbangan lainnya, baik menggunakan kartu abu-abu (*gray card*) dalam pengambilan gambar film atau

dengan *white-balancing* dalam *shooting* video menggunakan kartu netral, dan cara ini merupakan teknik yang paling diinginkan jika terdapat pencahayaan yang tidak dapat dikontrol, seperti dalam ruangan kantor yang menggunakan lampu tabung (pencahayaan *fluorescent*) yang tidak dapat diubah-ubah.

Hingga tahun delapan puluhan, semua sumber cahaya harus diatur keseimbangan warnanya secara konvensional dengan toleransi yang sangat ketat. Saat ini, dengan kamera video yang telah ditingkatkan, maka dalam satu adegan dapat digunakan beberapa jenis sumber cahaya secara bersamaan.

4. Kedalaman dan dimensi: latar depan (*foreground*), latar tengah (*midground*) dan latar belakang (*background*).

   Pencahayaan dari depan tidak akan menonjolkan bentuk subyeknya, melainkan akan menjadikan segala sesuatunya datar seperti halnya film kartun yang dua dimensi. Sedangkan pencahayaan dari samping atau belakang akan menonjolkan bentuk dari suatu obyek. Hal ini sangat penting karena juga dapat menonjolkan karakter, nilai emosional, dan petunjuk lain yang penting dalam ceritanya. Secara umum, hal tersebut akan membuat suatu gambar menjadi lebih nyata, lebih jelas, dan lebih bisa dikenali. Penglihatan manusia bergantung pada beberapa hal dalam menentukan kedalaman, bentuk, dan jarak. Oleh karena itu, bagaimana cahaya dan bayangan jatuh pada obyek menjadi bagian yang penting.



(a) (b)

Gambar 2.12 Contoh kedalaman gambar: (a) Gambar yang terlihat datar; (b) Pencahayaan dari berbagai arah dan penggunaan beberapa jenis sumber cahaya akan membuat gambar memiliki kedalaman. (Brown, 2012)

5. Bentuk dan kesempurnaan dari subyek individu: menjadikan bangun tiga dimensi.

Gambar dalam film atau video merupakan gambar datar dua dimensi. Sebagai pengatur cahaya, sinematografer, dan sutradara, maka pekerjaan besarnya adalah mencoba untuk sedapat mungkin membuat gambar dua dimensi tersebut menjadi tiga dimensi, yaitu dengan cara memberikan kedalaman (*depth*), bentuk (*shape*) dan perpektif, sehingga bisa tampak lebih hidup seperti di dunia nyata. Pencahayaan memegang peranan yang sangat penting dalam hal ini, disamping beberapa metode lain seperti: penggunaan lensa, *blocking*, pergerakan kamera, rancangan *set*, dan warna.

6. Separasi: membuat subyek menonjol dari latar belakangnya.

   Separasi digunakan untuk lebih menonjolkan subyek utama dari latar belakangnya. Hal yang sering digunakan untuk tujuan ini adalah pencahayaan belakang (*backlight*). Cara lain adalah dengan membuat daerah yang berada di belakang subyek utama menjadi jauh lebih gelap atau terang daripada subyeknya. Dalam upaya untuk menciptakan efek tiga dimensi pada sebuah gambar, biasanya dibuat latar depan, latar tengah, dan latar belakang, oleh karenanya maka separasi memegang peranan penting dalam hal ini.

7. Tekstur.

   Seperti halnya dengan bentuk, cahaya dari poros lensa (lampu depan datar) cenderung akan mengaburkan tekstur. Alasannya sederhana: kita tahu tekstur dari bayang-bayang. Cahaya yang datang dari dekat kamera tidak menciptakan bayangan. Semakin banyak cahaya datang dari samping semakin menciptakan bayangan, dimana akan mengungkapkan tekstur.

8. Exposure.

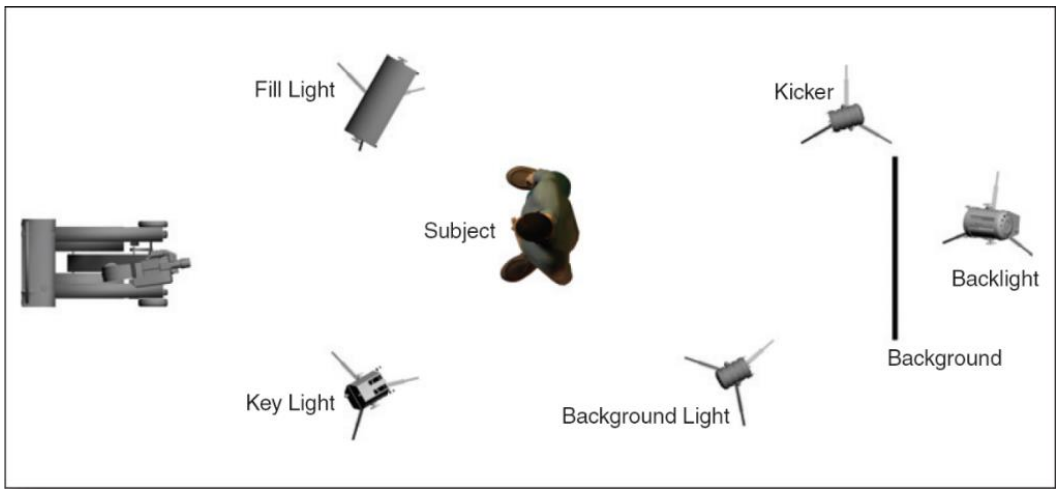
   Pencahayaan memberikan banyak pengaruh terhadap pekerjaan sinematografi, tetapi tidak demikian jika tidak diimbangi dengan pengaturan *exposure* yang benar, karena *exposure* yang tidak benar malah akan menghancurkan segala sesuatu yang telah dikerjakan.

   Di dalam pencahayaan, memberikan cahaya yang cukup ke dalam suatu adegan untuk mendapatkan *exposure* tidaklah sulit. Tetapi yang menjadi pokok permasalahannya adalah *exposure* yang tepat. Perlu diingat bahwa konteks *exposure* disini bukan hanya sekedar “terlalu terang” atau “terlalu gelap”, melainkan ada hal lain yang perlu diperhatikan. Sebagai contoh, pengaturan

kamera dan *exposure* yang tepat adalah hal penting dalam saturasi warna dan untuk mendapatkan rentang yang lebar dari corak *grayscale*.

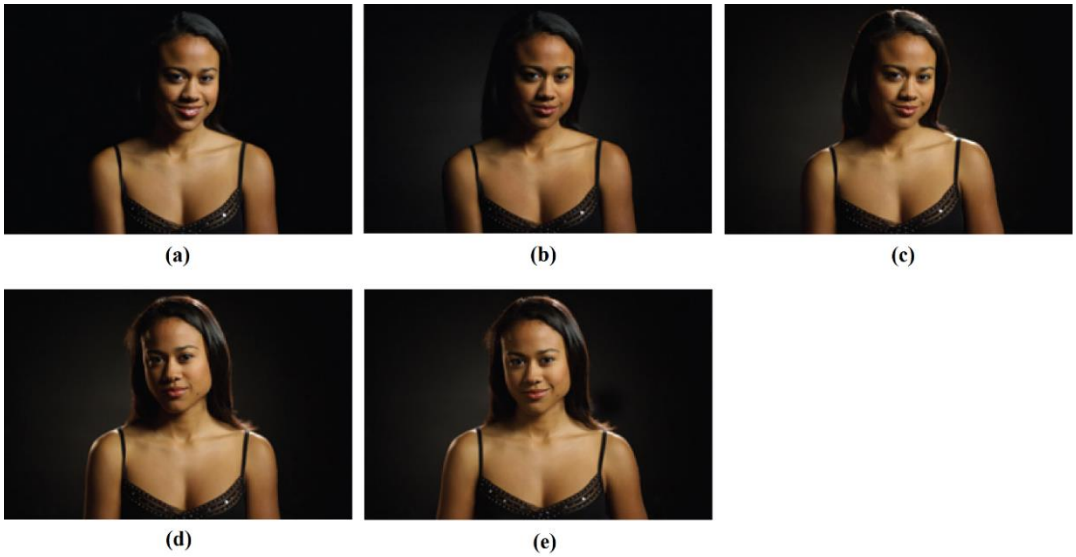
2.2.4.2 Teknik Dasar Pencahayaan

Teknik pencahayaan yang paling umum adalah dengan menggunakan metode three-points lighting yang dikemukakan oleh Blain Brown (2012). Untuk pencahayaan yang wajib dilakukan adalah meletakkan sumber cahaya yang berfungsi sebagai *keylight*, *fill light* dan *backlight*. Pada kenyataannya, masih diperlukan beberapa sumber cahaya lagi yang berfungsi sebagai *kicker* dan *background light*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.13 yang menggambarkan penempatan sumber cahaya pada metode three-points lighting.



Gambar 2.13 Diagram pengaturan three-points lighting yang umum dilakukan. (Brown, 2012)

Ada beberapa teknik dasar dalam pencahayaan. Masing-masing akan memberikan efek dan memiliki tujuan tertentu. Untuk mendapatkan hasil yang maksimal, tidak jarang beberapa teknik digunakan secara bersamaan dalam satu adegan.



Gambar 2.14 Dasar pencahayaan terhadap manusia yang biasa disebut dengan "three-point lighting": (a) Hanya keylight; (b) Keylight ditambah dengan background light; (c) Ditambahkan backlight; (d) Menggunakan kicker; (e) Keylight, background light, backlight, kicker dan fill. (Brown, 2012)

1. Keylight

   Keylight adalah cahaya utama atau cahaya yang dominan pada sebuah subjek. Cahaya ini tidak harus terang karena lampu latarnya sendiri seringkali sudah terasa panas dalam intensitas. Cahaya ini bisa memberikan bentuk dan definisi dari suatu subyek. Jika seseorang hanya disinari oleh satu lampu, maka hal inilah yang didefinisikan sebagai *key*. Meskipun biasanya *keylight* berasal dari suatu titik di depan, tetapi masih ada banyak variasi lainnya seperti: *side key*, *side-back key*, *cross key*, dan sebagainya.

   Salah satu cara berpikir tentang *keylight* adalah merupakan cahaya yang menciptakan bayangan subjek. Kemungkinan ada satu *key* untuk keseluruhan adegan atau *key* untuk setiap obyek yang ada di dalamnya, atau keduanya. Dalam pengambilan gambar sambil bergerak, seorang aktor mungkin memiliki beberapa *key* dan bergerak dari satu ke yang lainnya.

2. Fill light

   Sebagai cahaya utama, kemungkinan *key* hanya ada satu. Tetapi di dalam beberapa kasus, perbedaan antara daerah yang disinari dan daerah bayangan akan terlalu mencolok, sehingga satu cahaya *key* akan dirasa kurang cocok

untuk pengambilan gambar tersebut. Segala cahaya yang menyeimbangkan *keylight* disebut sebagai *fill light*. Terdapat beberapa variasi *fill light*. Banyak yang mendefinisikan fill light sebagai cahaya lembut yang biasanya diletakkan di dekat kamera dan berseberangan dengan *key*. Meskipun kondisi tersebut bisa berlaku bagi hampir semua rumus pencahayaan yang sederhana, tetapi tidak bisa digunakan dalam setiap kasus. *Fill* bisa keluar dari sumber cahaya yang diberi *inkie* dengan ditutup kain sutra berukuran maksimal 20x20, dan bisa berasal dari sudut manapun.

3. Backlight

   Backlight adalah semua cahaya yang berada di belakang subyek. Jika *backlight* berasal dari tempat yang cukup tinggi hampir persis di atas kepala dan sinarnya bisa mencapai wajah dan hidung, maka cahaya seperti ini disebut dengan *toplight*. Dalam banyak kasus, akan dihindari adanya backlight yang terlalu tinggi. Backlight merupakan teknik pencahayaan yang hampir pasti digunakan. Karena biasanya cahaya ini merupakan cahaya buatan, maka akan dibuat sehingga nampak seperti alami. Cahaya ini juga disebut dengan *hairlight*.

4. Kicker dan Rim

   Kicker sering rancu dengan *backlight*. *Kicker* merupakan cahaya yang berasal dari belakang subyek tetapi cukup ke samping sehingga bisa menerangi sepanjang sisi wajah. *Kicker* sering juga disebut sebagai ¾ *backlight*. *Rim* hampir sama dengan *kicker* tetapi tidak menerangi wajah terlalu banyak. *Rim* lebih digunakan untuk memberi bentuk pada obyek.

5. Eyelight

   Jenis khusus dari *fill* adalah *eyelight*. Karena rongga mata letaknya tersembunyi dalam struktur wajah, kombinasi antara *key* dan *fill* yang dapat memberikan hasil yang baik pada sebagian besar wajah mungkin tidak dapat mencapai cukup mendalam untuk memberikan penerangan terhadap mata. Karena sangat jarang diinginkan mata terlihat gelap, maka tidak peduli seberapa gelap dan rendah *keylight*, akan ditambahkan *eyelight* khusus untuk menerangi mata.

Selain beberapa teknik dasar pencahayaan di atas, masih ada beberapa teknik lainnya seperti:

1. Obielight

   Obielight adalah segala jenis alat pencahayaan kecil yang ditempelkan pada kamera secara langsung di atas lensanya. Penamaan teknik pencahayaan ini diambil dari nama seorang aktris cantik yang bernama Merle Oberon. Teknik ini ditemukan sejak awal karirnya dimana teknik pencahayaan ini banyak ditujukan khusus untuk menyinari struktur wajahnya. Obielight mungkin saja merupakan sebuah *keylight*, *fill light* atau *eyelight*, tergantung dari intensitas unit lainnya.

2. Ambient

   Ambient merupakan fill yang tanpa arah. Pada pengambilan gambar di alam terbuka (di luar ruangan), ambient bisa dari cahaya siang hari yang direfleksikan dari langit atau lingkungan sekitar. Di dalam ruangan, ambient bisa berasal dari fill yang didapat dengan cara memantulkan cahaya ke langit-langit yang berwarna putih.

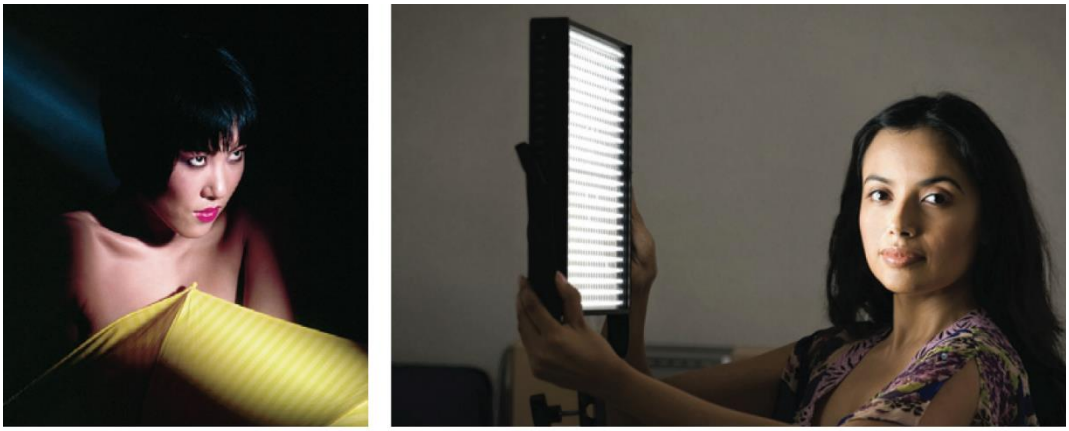
2.2.4.3 Kualitas Pencahayaan

Ada banyak sekali variasi kualitas dan mood dari pencahayaan. Tidak semuanya bisa dijelaskan dengan tepat, tetapi yang jelas semuanya bertujuan untuk menonjolkan *mood*, kualitas, dan atmosfir dari suatu adegan. Kualitas pencahayaan bisa dilihat pada lingkungan sekitar sehari-hari. Bisa diperhatikan bagaimana cahaya mendefinisikan ruang, bentuk suatu obyek, dan bagaimana saat menerpa wajah seseorang.

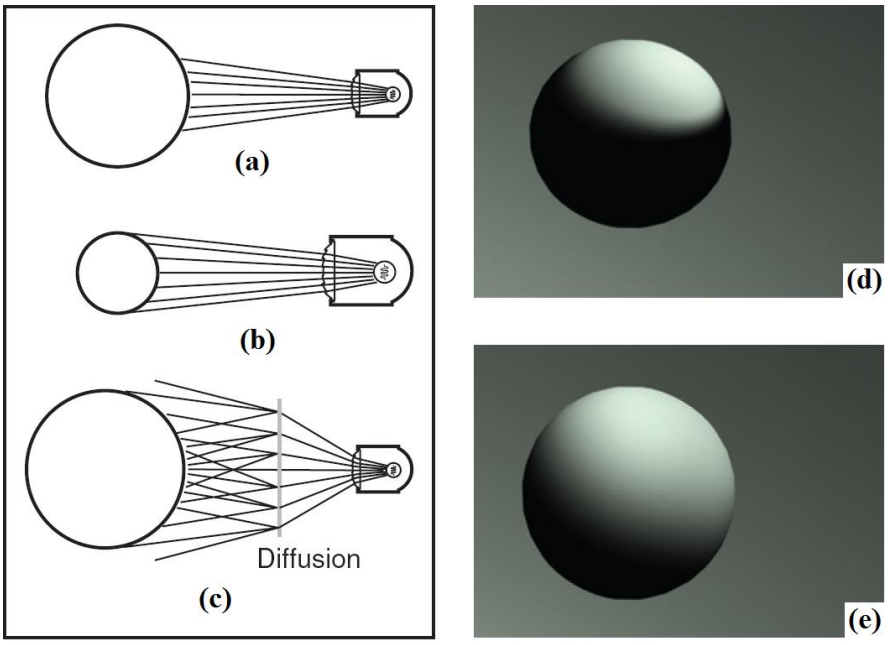
Setiap kualitas pencahayaan yang terlihat di lingkungan sekitar bisa didapatkan juga di set atau lokasi pengambilan gambar. Cahaya bisa diatur sehingga mendapatkan suasana yang diinginkan. Pada kenyataannya ada dua faktor yang terlibat dalam hal ini, yaitu yang biasa disebut dengan *hard* dan *soft*.

Faktor terpenting dalam hal ketegasan (*hardness*) dan kelembutan (*softness*) relatif dari cahaya adalah ukuran relatif dari sumber cahaya yang diarahkan kepada subyek. Semakin besar pancaran sinar dari sumber cahaya terhadap subyek, maka cahaya akan lebih cenderung membungkus bentuk/kontur subyek tersebut. Dimana cahaya tegas (*hard light*) yang berasal dari sumber cahaya

yang kecil akan membentuk bayangan, sedangkan sumber cahaya yang besar akan mengisi dan memberi efek *fill* pada subyek tersebut.



Gambar 2.15 Contoh pencahayaan pada wajah: (a) *Hard light* yang ditujukan ke arah wajah seorang model; (b) Ukuran sumber cahaya menentukan kelembutan *soft light*. (Brown, 2012)



Gambar 2.16 Pembentukan hard light dan soft light: (a) Sumber cahaya yang relatif kecil dibanding subyeknya tidak dapat membungkus keseluruhan kontur subyek itu; (b) Sumber cahaya yang lebih besar dapat membungkus subyek sehingga dapat menghasilkan bayangan yang lebih lembut; (c) Difusi digunakan untuk memperbesar sumber cahaya; (d) Hasil pencahayaan dengan hard light; (e) Hasil pencahayaan dengan soft light. (Brown, 2012)

Suatu cahaya dikatakan lembut (*soft*) jika cahaya tersebut dapat melingkupi bentuk suatu subyek, kemudian membentuk bayangan yang jatuhnya bergradasi. Disinilah letak fungsi ukuran relatif dari suatu sumber cahaya, bisa dengan cara pantulan besar atau dengan difusi sehingga sumber cahaya terlihat jauh lebih besar.

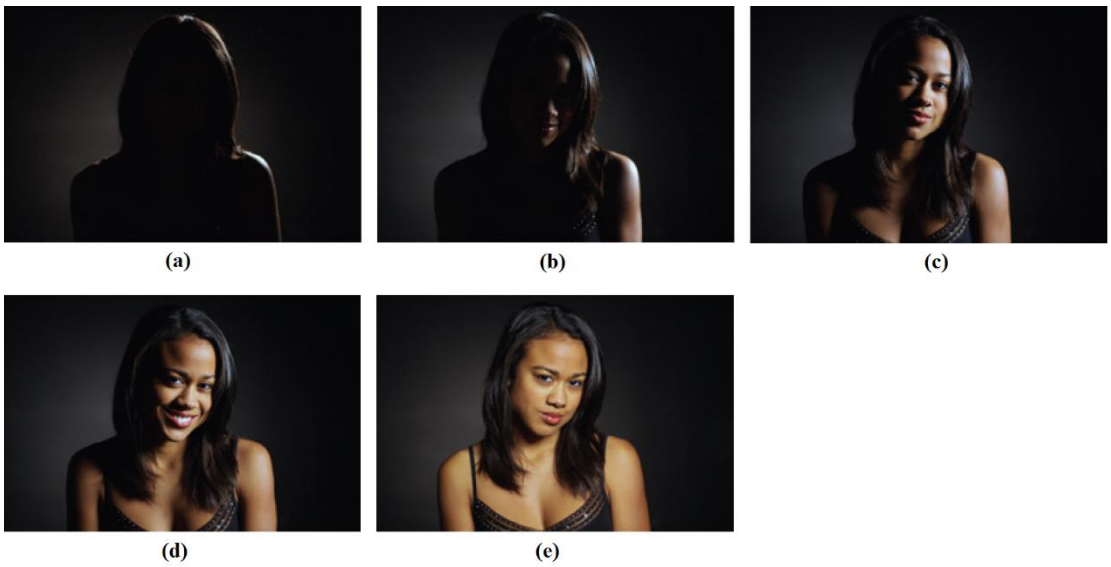
Pada dasarnya tidak ada cahaya yang secara tegas dikatakan *hard light* atau *soft light*. Bahkan suatu sumber cahaya *soft* pada kondisi tertentu bisa menjadi cahaya *hard*, sedangkan sesuatu yang biasanya dianggap sebagai cahaya *hard* seperti cahaya dari lensa Fresnel bisa menjadi cahaya *soft*. Faktor-faktor yang menentukan adalah ukuran yang sebenarnya dari sumber cahaya yang digunakan, ukuran sebenarnya dari subyek, dan jarak antara sumber cahaya dan subyek. Penentu utamanya dalam hal membungkus suatu subyek adalah perbandingan relatif antara sumber cahaya dan subyek tersebut.

Gambar 2.17 Contoh penggunaan hard light dan soft light pada suatu proses pengambilan gambar. (Brown, 2012)

Selain *hard light* dan *soft light*, masih ada beberapa kualitas cahaya yang lainnya. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kualitas dari suatu cahaya, yaitu:

arah relatif terhadap subyek, ketinggian sumber cahaya, rasio *fill*, *specular/ambient*, ukuran relatif dari penyinaran sumber cahaya dan lensanya, modulasi/tekstur, pergerakan, dan tekstur dari subyek itu sendiri.

Arah dari mana suatu cahaya mengenai subyek merupakan hal yang penting dalam kualitas cahaya. Mungkin hal ini merupakan faktor utama bagaimana cahaya berinteraksi dengan bentuk dan tekstur dari subyek. Cahaya yang lurus dari depan akan sedikit memiliki arah karena di lensa kamera akan terlihat menyinari seluruh bagian subyek dengan sama rata. Cahaya samping (*sidelight*) dan cahaya belakang (*backlight*) akan lebih memiliki arah karena akan menimbulkan bayangan yang bisa menentukan arah sumber cahayanya.

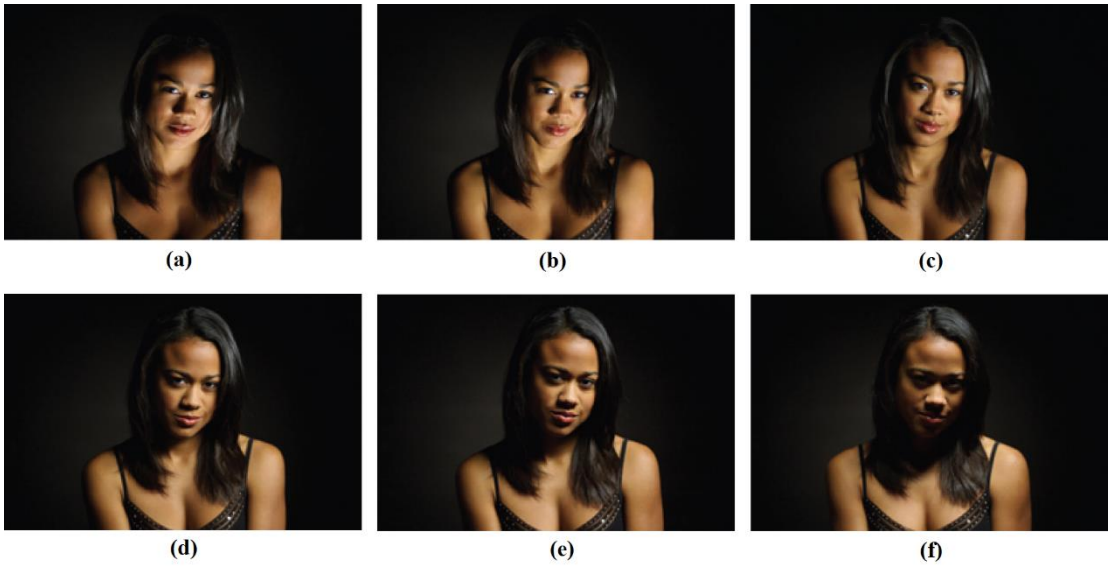


Gambar 2.18 Arah datangnya cahaya: (a) back light; (b) ¾ back light; (c) side light; (d) ¾ front light; (e) front light. (Brown, 2012)

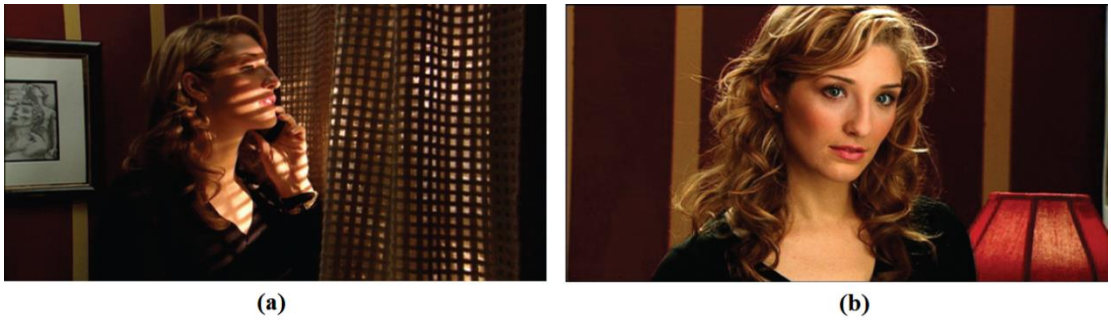
Selain itu, ketinggian sumber cahaya (*altitude*) terhadap subyeknya juga menjadi hal yang penting. Hal ini juga merupakan salah satu aspek dari arah cahaya. Sebagai generalisasi umum, bahwa jika cahaya diletakkan lebih tinggi maka akan menciptakan bayangan yang lebih juga, dan lebih menonjolkan bentuk subyek. Kaintannya dengan arah, semakin jauh dari sumbu lensa kamera maka akan semakin menciptakan bentuk, kedalaman, dan tekstur dari subyek.

Sebuah adegan yang memiliki kecenderungan cahaya yang terang-bederang dikatakan sebagai *high-key light*, yang bisa diartikan sebagai terlalu

banyak *fill light* dari sinar *key light* dan tidak banyak bayangan. Kebalikan dari *high-key light* adalah cahaya *low-key light*, dimana tampak gelap, banyak bayangan, dan hanya memiliki sedikit bahkan tidak ada sama sekali *fill light*. Cerita historis, komedi, rumah tangga, iklan produk, dan cerita-cerita yang menyentuh hati lainnya menggunakan pencahayaan *high-key light*, sedangkan cerita misteri, asmara, iklan gaya hidup kelas atas cenderung menggunakan *low-key light*.



Gambar 2.19 Ketinggian sumber cahaya: (a) diletakkan di lantai; (b) sangat rendah; (c) di samping; (d) tinggi di samping; (e) tinggi di depan; (f) tepat di atas obyek. (Brown, 2012)



Gambar 2.20 Hard light yang sourcey dan soft light yang ambient pada adegan yang sama diperankan oleh aktris Alexandra Fulton: (a) menggunakan lampu Fresnel 5K melalui tirai; (b) menggunakan lampu 1K yang dipantulkan pada papan stereofoam pada ketinggian 3 feet. (Brown, 2012)

Cahaya *specular* adalah cahaya yang arahnya terjadi secara alami. Cahaya ini berasal dari sumbernya dan mengarah lurus ke depan. Ketika cahaya seperti ini ditempatkan pada suatu adegan, cahaya ini bisa diketahui dengan pasti asalnya, yang biasa disebut dengan istilah "*sourcey*". Cahaya *specular* yang *hard* yang berasal dari luar *set*akan memiliki kecenderungan *sourcey*. Cahaya *soft* seperti cahaya *hard* yang dipantulkan akan cenderung menyebar dan tidak *sourcey*. Cahaya yang sangat menyebar dan dapat melingkupi seluruh *set* disebut dengan cahaya *ambient*.

Cahaya murni yang berasal dari sumber cahaya apapun, baik itu *hard light* atau *soft light*, diarahkan langsung atau dipantulkan, masih bisa dimodifikasi lagi berdasarkan modulasinya. Proses ini dikenal dengan istilah breakup, yaitu proses dimana *soft light* dimasukkan dengan melalui *cookies*, *celos*, dahan pohon, renda, tirai, jeruji, atau bahan difusi lainnya.

Cahaya juga dapat bergerak. Ada yang sangat jelas terlihat seperti efek sorotan lampu mobil, matahari terbit atau terbenam, dan lain sebagainya, tetapi ada juga gerakan halus cahaya yang bisa membuat suatu suasana berjalan secara realistis dan hidup. Salah satu trik yang sering digunakan adalah dengan cara meletakkan cabang atau tanaman di depan cahaya yang datang melalui jendela, kemudian menempatkan kipas dengan kecepatan rendah (lembut) sehingga membuat cabang atau daun tanaman tersebut bergerak sedikit. Hal ini jangan dilakukan secara berlebihan karena bisa memberi gambaran suasana badai.

2.2.4.4 Sumber Cahaya

Ada banyak sekali jenis sumber cahaya yang digunakan untuk penerangan pada saat pengambilan gambar pada sinematografi. Kesemuanya dibagi atas beberapa kelompok utama, yaitu: Fresnel, HMI, Xenon, Brute Arc, Open-Face Light, PAR, HMI PAR, Soft Light, Fluorescent Rig, Cyc, Strip, Nook, Broad, dan lainnya.

1. Fresnel

   Hampir semua lampu yang memiliki lensa menggunakan lensa Fresnel, yaitu lensa yang ditemukan pada abad ke-19 oleh Augustin-Jean Fresnel untuk digunakan pada mercusuar. Permasalahan yang dihadapi oleh sebuah lensa

berukuran besar adalah pengumpulan panas di bagian tengah lensa, dan hal ini bisa mengakibatkan lensa menjadi retak. Leclerc dan Buffon kemudian mengembangkan lagi lensa Fresnel ini dengan cara memodifikasi bagian tengah lensa tersebut sehingga bisa mengurangi panas yang menyebabkan lensa retak.

a. Tungsten Fresnel

   Semua lampu tungsten fresnel dirancang berdasarkan ukuran dari bola lampunya (2K, 5K, dan sebagainya) dan dikelompokkan menjadi dua, yaitu: *studio* dan *baby*. Lampu *studio* merupakan unit dengan ukuran yang penuh, sedangkan *baby* mempunyai ukuran rumah dan lensa yang lebih kecil, yang mana hal ini sangat cocok dengan perkembangan bola lampu saat ini yang semakin kecil. Sebagai contoh, lampu *baby* 5K memiliki ukuran rumah dan lensa yang hampir sama dengan *studio* 2K.

b. 10K dan 20K

   Selama beberapa tahun lampu 10K merupakan lampu Tungsten Fresnel yang terbesar dan paling banyak digunakan, tetapi kemudian mulai bergeser penggunaannya kepada lampu 20K. Lampu 10K memiliki tiga versi, yaitu:

   1) Baby 10K yang menghasilkan output dengan intensitas tinggi, dan merupakan suatu peralatan dengan lensa Fresnel berukuran 14 inci yang cukup ringkas yang dapat dengan mudah dipindah-pindahkan.
   2) Basic 10K yang juga dikenal dengan tenner atau studio, menggunakan lensa Fresnel berukuran 20 inci.
   3) Yang terbesar dari kelompok ini adalah Big Eye Tenner, memiliki lensa yang berukuran 24 inci.

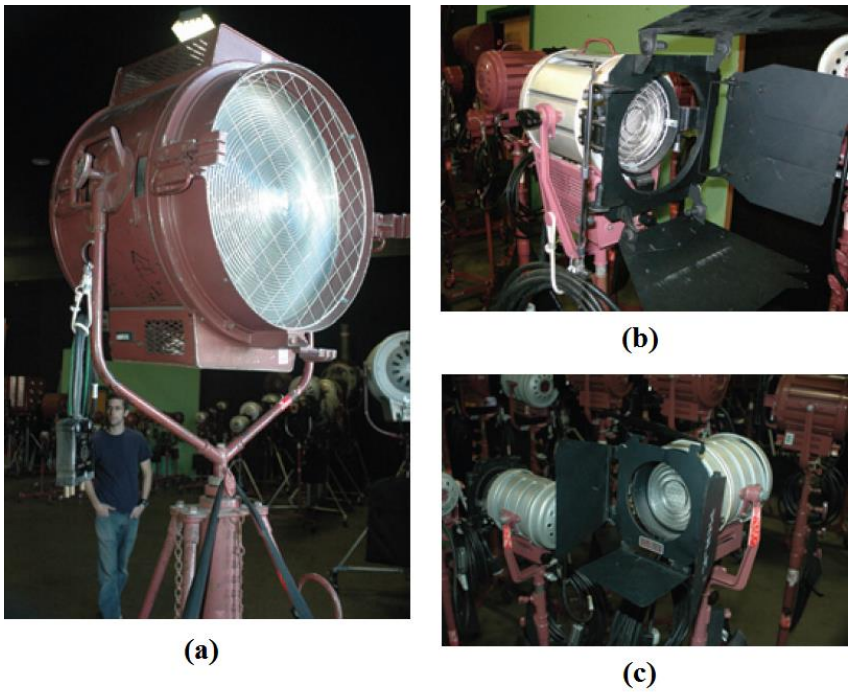
c. 5K

   Lampu jenis ini juga biasa disebut dengan senior. Lampu *baby* 5K memiliki ukuran dan konfigurasi yang sama dengan studio 2K, tetapi ukuran kotak bagian bawahnya diperbesar sehingga bisa memuat lampu berukuran 5K dengan filamen yang persis berada di depan reflektornya.

d. Junior

   Lampu Fresnel 2K juga dikenal dengan sebutan *deuce* atau *junior*. Lampu

jenis ini sangat membantu dalam berbagai situasi, sangat cocok digunakan dalam produksi film yang menggunakan kamera HD (dalam pembuatan video).



Gambar 2.21 Beberapa contoh lampu jenis Fresnel: (a) Big Eye 10K; (b) Baby Junior 2K; (c) Tweenie. (Brown, 2012)

e. 1K

Peralatan baby jenis ini bisa menggunakan baik lampu berdaya 750 watt (EGR) atau 1000 watt (EGT). Nama yang sering digunakan untuk peralatan jenis ini adalah 750, meskipun lampu yang digunakan berdaya 1K. Hal ini dikarenakan penggunaan lampu 750 watt yang begitu populer sebelum ditemukan lampu *quartz halogen*.

f. 650, Betweenie dan InBetweenie

Lampu 650 merupakan unit yang serba guna, dan biasanya disebut dengan Tweenie. Ukurannya cukup kecil, sehingga mudah dioperasikan di berbagai situasi. Tersedia juga yang berdaya 300 watt yang disebut Betweenie dan 100 atau 200 watt yang disebut InBetweenie

g. Inkie

Inkie merupakan lampu yang telah lama digunakan dalam industri perfilman. Ada yang berdaya 200 dan 250 watt. Inkie sangat cocok digunakan untuk keperluan *eye light* atau *fill light* kecil, dan juga bisa digunakan untuk meningkatkan *exposure* pada suatu area kecil.

2. HMI (Hydrargyrum Medium-arc Iodide)

a. 12K dan 18K

Lampu HMI 12K dan 18K merupakan lampu Fresnel yang paling kuat. Keduanya memiliki output yang luar biasa, dan seperti halnya peralatan HMI lainnya, sangat efisien dalam perhitungan *foot-candle per watt*-nya. Sebagai lampu *arc*, peralatan ini digunakan secara umum karena bisa menghasilkan cahaya yang bersih dan sangat tajam. Pada pemakaian di luar ruangan pada siang hari, lampu jenis ini digunakan untuk menyeimbangkan sinar matahari dengan mengisi bayangan sehingga memungkinkan melakukan shooting di bawah terik matahari tanpa harus menutupi dengan kain sutra atau reflektor, sehingga tidak ada sinar yang hilang di filter.

b. 6K dan 8K

Gambar 2.22 Peralatan lampu HMI 6K dan *ballast*-nya. (Brown, 2012)

Lampu HMI 6K (dan yang terbaru adalah 8K) merupakan “pekerja keras”, karena bisa difungsikan untuk menggantikan kerja lampu 12K jika dana tidak mencukupi untuk menggunakan lampu 12K. Meskipun umumnya

peralatan jenis ini memiliki lensa yang lebih kecil, tetapi masih bisa menghasilkan cahaya yang cukup tajam dan bersih dengan penyebaran yang baik. Dalam sebagian besar aplikasi, lampu jenis ini bisa bekerja dengan baik sebagai sumber cahaya utama, cahaya key, cahaya jendela, atau untuk menyeimbangkan sinar terik matahari.

c. 4K dan 2,5K

Lampu HMI yang lebih kecil adalah 4K dan 2,5K yang merupakan lampu untuk segala kebutuhan. Bisa digunakan untuk menggantikan tugas dari lampu tungsten 5K dan 10K.

d. Smaller HMI

Peralatan HMI yang terkecil berdaya 1,2K, 800, 575, 400, dan 200 watt merupakan peralatan yang serba guna. Peralatan jenis ini bisa digunakan di hampir semua situasi.

3. Xenon

Peralatan Xenon memiliki reflektor yang dipoles sehingga memungkinkan peralatan ini mengeluarkan cahaya yang hampir lurus seperti sinar lampu laser. Peralatan jenis ini sangat efisien dengan output *lumen-per-watt* yang tertinggi. Ada empat ukuran lampu Xenon yang ada di pasaran saat ini, yaitu: 1K, 2K, 4K, dan 7K.

Lampu 4K dan 7K merupakan peralatan yang sangat kuat, tetapi harus dipergunakan dengan sedikit hati-hati, karena dengan penyinaran terpusat penuh peralatan jenis ini bisa meretakkan kaca. Sebagai contoh, dengan ASA 320 dan penyinaran terpusat penuh, lampu 4K akan mengeluarkan f/64 pada jarak 40 kaki.

Karena bola lampu Xenon dialiri daya listrik DC, maka tidak mengalami permasalahan *flicker*. Lampu ini bisa digunakan dalam pengambilan film berkecepatan tinggi sampai dengan 10.000 fps. Tetapi juga ada beberapa kerugian yang didapat dari lampu jenis ini. Semua lampu jenis Xenon harganya mahal, dan dilengkapi dengan kipas pendingin yang akan menyulitkan jika digunakan dalam pengambilan film yang bersuara.

4. Brute Arc

Sejak ditemukannya peralatan HMI, maka peralatan *carbon-arc* DC tidak

digunakan lagi. Peralatan *brute arc* digunakan sebagai penggantinya untuk waktu yang cukup lama. Peralatan jenis ini mampu menghasilkan output beberapa kali dari lampu 10K, dan merupakan peralatan standar yang digunakan untuk keperluan fill untuk menyeimbangkan sinar matahari, sebagai penerangan utama di eksterior pada malam hari, dan membuat efek sinar matahari yang melalui jendela.

Gambar 2.23 Perbandingan peralatan lampu HMI PAR 12K (kiri) dengan Brute Arc (kanan). (Brown, 2012)

5. Open-Face Light

   Lampu dengan lensa Fresnel memiliki level yang sangat tinggi dalam hal pengaturan dan penyempurnaan, lebih halus dan lebih mudah pengaturannya dengan bayangan yang lebih bersih. *Open-face light* tidak memiliki lensa dan sedikit bisa diatur. Tetapi kekurangan ini bisa tertutupi oleh kelebihannya, yaitu jauh lebih bertenaga jika dibandingkan dengan lampu Fresnel yang memiliki daya yang sama. Sehingga lampu jenis ini biasa digunakan jika cahaya yang diinginkan adalah cahaya pantul atau jika cahayanya melewati difusi yang tebal seperti kain atau asap.

   a. Skypan

      Skypan memiliki desain yang sederhana. Peralatan ini terdiri dari reflektor

lengkung berwarna putih, dan soket lampu yang akan menjaga agar lampu selalu berada di posisi tengah reflektor. Skypan digunakan terutama jika diperlukan cahaya baku (*raw*) dalam area yang cukup luas, seperti misalnya pencahayaan *backdrop* yang cukup besar.

b. 2K Open Face

2K open face merupakan peralatan yang cukup tangguh. Peralatan ini dirancang untuk memberikan output yang jauh lebih besar per watt-nya dibandingkan dengan Fresnel 2K. Hal ini menyebabkan lampu ini menjadi pilihan yang baik untuk keperluan cahaya yang dipantulkan.

c. 1000/600/500-Watt Open Face

Peralatan jenis ini baik digunakan sebagai sumber cahaya kecil yang dipantulkan (seperti dipantulkan pada payung pada pemotretan), untuk melakukan fill pada area yang kecil dengan cahaya pantul, atau untuk memberi sedikit cahaya di bagian belakang obyek. Karena ukurannya yang kecil, maka peralatan jenis ini sangat mudah disembunyikan di *set*, dan juga mudah ditempelkan di atas kamera video.

d. PAR 64

PAR merupakan sumber cahaya baku yang paling mendasar. Peralatan ini merupakan gabungan dari beberapa set lampu (masing-masing terdiri dari bola lampu, reflektor, dan lensa). Ada beberapa variasi ukuran dan jumlah set lampu yang tersedia, tetapi yang paling populer adalah PAR 64 1000 watt.

6. PAR (Parabolic Aluminized Reflector)

Peralatan jenis PAR banyak digunakan untuk pencahayaan eksterior yang luas, dan juga interior luas seperti hanggar pesawat, arena, dan sebagainya. Bola-bola lampu yang ada dalam satu peralatan ini dapat dinyala-matikan secara individu, sehingga dapat sangat fleksibel dalam pengaturan cahayanya.

a. Dino, Moleeno dan Wendy

Dino merupakan sumber cahaya Tungsten yang terbesar, dan tersedia dalam 14, 36, dan 64 set bola lampu. Moleeno dan Wendy merupakan varian lain dari lampu jenis ini, tetapi Wendy hanya tersedia dalam 36 set bola lampu.

b. MaxiBrute

MaxiBrute terdiri dari sembilan buah PAR 64 1000 watt yang disusun dalam tiga rak. Setiap rak dapat diputar ke kiri dan kanan, sedangkan keseluruhan unit dapat diputar ke atas dan bawah. Sama dengan peralatan PAR yang lainnya, setiap lampu pada MaxiBrute juga dapat diatur secara individu.

c. FAY

Lampu FAY merupakan lampu MaxiBrute yang lebih kecil. Biasa juga disebut dengan 5-lites, 9-lites, atau 12-lites, tergantung dari berapa banyak lampu yang terpasang dalam satu peralatan tersebut. Peralatan jenis ini menggunakan bola lampu jenis PAR 36 (650 watt), dan cahaya yang dihasilkan termasuk kategori *daylight*. Peralatan jenis ini banyak digunakan untuk keperluan *bounce light*.

d. Ruby 7

Ruby 7 merupakan hasil inovasi dari lampu PAR yang dikembangkan oleh Luminaria. Peralatan ini terdiri dari 7 buah lampu PAR 65 yang mana kesemuanya dapat difokuskan ke satu titik, sehingga dapat memberikan rentang intensitas cahaya yang cukup lebar.

(a) (b)

Gambar 2.24 Contoh peralatan lampu PAR: (a) Ruby 7; (b) Moleeno. (Brown, 2012)

7. HMI PAR

HMI PAR merupakan lampu jenis baru hasil perkembangan dari lampu PAR. Lampu jenis ini tersedia dalam 12K, 6K, 4K, 2.5K, 1.2K, dan 575 watt.

Peralatan ini sangat populer digunakan untuk keperluan *bounce light*. Lampu jenis ini merupakan peralatan yang berbasis VNSP (*Very Narrow Spot*). Dengan menambahkan lensa, maka lampu ini dapat digunakan untuk keperluan *narrow spot, medium flood, wide flood* dan *extra wide flood*.

8. Soft Light

   Soft light memiliki desain umum yang berupa lempengan setengah melengkung yang dilengkapi dengan beberapa bola lampu kecil (biasanya berdaya 1000 watt) yang sinarnya dipantulkan di bagian dalam kotaknya, sehingga dapat menghasilkan sinar keluaran yang lembut (*soft light*). Peralatan jenis ini tersedia dalam beberapa daya, mulai 1K hingga 8K

   a. Studio Soft (8K, 4K dan 1K)

      Peralatan jenis *studio soft* terdiri dari satu atau lebih lampu FCM 1000 watt yang dipasang dengan reflektor yang dicat putih, sehingga lampu jenis ini dapat menghasilkan output berupa cahaya yang berpola difusi. Peralatan ini juga dikenal dengan sebutan *zip light*, dan tersedia dalam 1K dan 2K.

   b. Cone Light

      Cone light merupakan variasi dari *studio soft*, perbedaannya hanya terletak pada reflektornya yang berbentuk corong (*cone*). Karena sinar pantul yang dihasilkan lebih paralel, maka cahaya yang dihasilkan oleh peralatan ini bisa terlihat lebih lembut dan bagus daripada *studio soft*.

   c. Space Light

      Lampu jenis *space light* hampir selalu digunakan dengan cara digantung di atas kepala bagian set yang akan disirani. Peralatan ini terdiri dari 6 atau 12 sudut bola lampu dengan ditutupi oleh kain sutra. Hal ini membuat peralatan ini terlihat seperti lentera yang sangat besar. Peralatan jenis ini biasanya digunakan untuk memberikan efek *ambient fill* terhadap set yang sangat luas.

9. Fluorescent Rig

   Fluorescent rig (anjungan neon) dapat digunakan dengan menggunakan lampu yang berwarna untuk memperbaiki warna yang ada pada set, atau sebagai cahaya tambahan pada saat pengambilan gambar dalam situasi yang sudah ada

penerangan dengan lampu neon yang sudah terpasang diset seperti di ruangan kantor atau pabrik, dimana pencahayaan yang sudah ada tidak dapat diubah.

a. Color-Correct Fluorescent Unit

   Produsen yang paling banyak memproduksi peralatan jenis ini adalah Kino Flo yang merupakan perusahaan yang menciptakannya. *Ballast* yang terpasang pada peralatan ini bekerja pada frekuensi yang tinggi, hal ini bertujuan untuk menghilangkan efek *flicker* yang terjadi pada kebanyakan lampu neon.

b. Color-Correct Bulb

   Kebanyakan lampu neon yang ada tidak memiliki spektrum yang kontinyu dan memiliki sinar yang kuat di area spektrum hijau. Oleh karena itu, semua lampu neon yang digunakan dalam pembuatan film atau video menggunakan jenis *color correct* yang memiliki spektrum penuh dan tidak memiliki sinar hijau.

(a) **(b)**

Gambar 2.25 Beberapa peralatan jenis fluorescent rig: (a) Produk dari Kino-Flo; (b) Rangkaian unit Kino-Flo yang digunakan dalam film Mission Impossible. (Brown, 2012)

10. Lain-lain
    a. Chinese Lantern
    b. Crane-Mounted Light
    c. Source Four
    d. Sungun
    e. Softbox
    f. Joker
    g. LED Panel
    h. Dedo Light
    i. Ballon Light
    j. Barger Baglight
    k. Scrim dan Barndoor
    l. Spacelight dan Chicken Coop

2.3 Logika Fuzzy

Sebelum munculnya teori logika fuzzy (*fuzzy logic*), dikenal sebuah logika tegas (*crisp logic*) yang memiliki nilai benar dan salah secara tegas. Prinsip ini dikemukakan oleh Aristoteles lebih dari 2.000 tahun lalu sebagai hukum *Excluded Middle* dan hukum ini telah mendominasi pemikiran logika hingga saat ini.

Pemikiran mengenai logika konvensional dengan nilai kebenaran yang pasti yaitu benar dan salah dalam kehidupan nyata sangatlah tidak cocok. Logika fuzzy (logika samar) merupakan suatu logika yang dapat mempresentasikan keadaan yang ada di dunia nyata (Tamir, 2015). Logika fuzzy merupakan sebuah logika yang memiliki nilai kesamaran antara benar dan salah (Mordeson, 2015).

Berbeda dengan logika konvensional yang hanya mengenal dua nilai yaitu nol san satu, logika fuzzy menggunakan nilai dalam interval [0,1]. Logika fuzzy merupakan pengembangan dari logika konvensional, atau dengan kata lain logika konvensional merupakan kejadian khusus dari logika fuzzy (Seising, 2015).

Teori tentang himpunan logika fuzzy pertama kali oleh Prof. Lofti Zadeh sekitar tahun 1965 pada sebuah makalah yang berjudul "*Fuzzy Sets*". Beliau berpendapat bahwa logika benar dan salah dari logika konvensional (boolean) tidak dapat mengatasi masalah yang ada di dunia nyata. Tidak seperti logika boolean,

logika fuzzy memiliki nilai yang kontinyu. Samar dinyatakan dalam derajat dari suatu keanggotaan dan derajat dari kebenaran. Oleh sebab itu sesuatu dapat dikatakan sebagai "benar" dan "sebagian salah" pada waktu yang bersamaan. Teori himpunan individu dapat memiliki derajat keanggotaan dengan nilai yang kontinyu, bukan hanya 0 dan 1. (Zadeh, 1965).

Sebuah nilai dalam interval [0,1] itu dinamakan derajat keanggotaan (μ_x) dari salah satu anggota himpunan fuzzy (x). Dikatakan bahwa himpunan fuzzy dipetakan ke nilai-nilai dalam interval [0,1] oleh fungsi μ:

$\mu: x \rightarrow [0,1]$

dimana x adalah himpunan semesta (semesta pembicaraan).
Contoh: x adalah {berat badan mahasiswa}, atau jika dinyatakan dengan notasi pembentukkan himpunan:

$x = \{x \mid 30kg \leq x \leq 150kg\}$

Dari himpunan semesta ini dibentuk himpunan logika fuzzy yang diberi label "kurus sekali", "sangat kurus", "kurus", "agak kurus", "sedang", "agak gemuk", "gemuk", "sangat gemuk", dan "gemuk sekali".

Setiap himpunan fuzzy ini didukung oleh elemen-elemen pendukungnya, misalnya "sangat kurus" didukung oleh berat badan 30kg, 35kg, 40kg, 45kg, dan 50kg. Dan setiap elemen pendukung ini memiliki derajat keanggotaan tertentu.
Sebagai contoh:

$$sangat\ kurus = \frac{0,8}{30} + \frac{1}{35} + \frac{0,62}{40} + \frac{0,36}{45} + \frac{0,01}{50}$$

dimana tanda "–" bukan berarti pembagian melainkan hanya sebagai pembatas, dan tanda "+" bukan berarti penjumlahan melainkan union. 0,8 adalah derajat keanggotaan untuk berat badan 30kg pada himpunan fuzzy yang berlabel "sangat kurus". Jadi fungsi di atas dapat diperjelas dengan persamaan 2.1.

$$\forall x \in X\ , \mu(x) \in [0,1] \qquad (2.1)$$

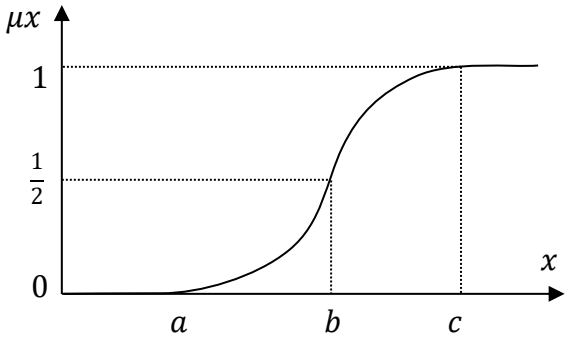
2.3.1 Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan dapat disajikan dalam bentuk:

a. Fungsi S

Fungsi keanggotaan S akan menghasilkan output berbentuk garis lurus pada titik terendah, kemudian dilanjutkan dengan kurva berbentuk seperempat elips, dan setelah mencapai titik tertinggi akan kembali menghasilkan garis lurus. Persamaan 2.2 menunjukkan fungsi keanggotaan S.

$$S(x,a,b,c) = \begin{cases} 0 & \text{untuk } x \le a \\ \frac{1}{2}\left[\frac{x-a}{b-a}\right]^2 & \text{untuk } x \le a \le b \\ 1 - \frac{1}{2}\left[\frac{x-c}{b-c}\right]^2 & \text{untuk } b \le x \le c \\ 1 & \text{untuk } x > c \end{cases} \quad (2.2)$$

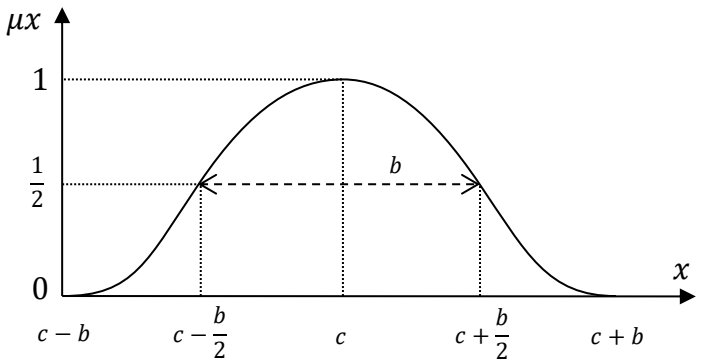


Gambar 2.26 Kurva fungsi keanggotaan S.

b. Fungsi π

Fungsi keanggotaan π hampir sama dengan fungsi keanggotaan S, yaitu dimulai dengan garis lurus pada titik terendah, kemudian dilanjutkan dengan kurva yang menanjak sampai titik yang tertinggi, lalu akan turun lagi dengan bentuk kurva yang simetris dengan pada saat naik. Pada fungsi keanggotaan π, nilai b mewakili lebar jangkauan dari fungsi. Persamaan 2.3 menunjukkan fungsi keanggotaan π.

$$\pi(x,b,c) = \begin{cases} S\left(x, c-b, c-\frac{b}{2}, c\right) & \text{untuk } x \le c \\ 1 - S\left(x, c, c+\frac{b}{2}, c+b\right) & \text{untuk } x > c \end{cases} \quad (2.3)$$

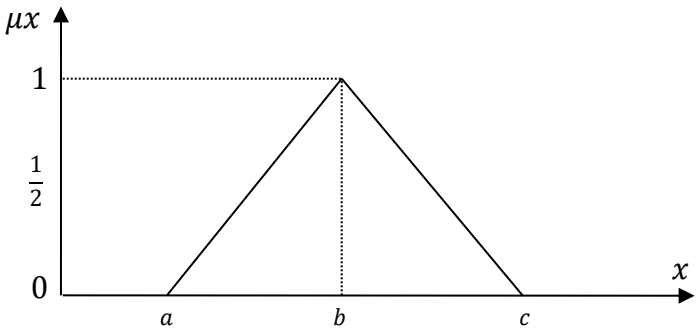


Gambar 2.27 Kurva fungsi keanggotaan π.

c. Fungsi Segitiga

Fungsi keanggotaan segitiga (*triangle*) juga hampir sama dengan fungsi keanggotaan S dan π, yaitu dimulai dengan garis lurus, kemudian dilanjutkan dengan garis lurus yang menanjak naik hingga pada titik puncaknya, lalu garis lurus yang menurun hingga titik terendah. Persamaan 2.4 menunjukkan fungsi keanggotaan segitiga.

$$T(x,a,b,c) = \begin{cases} 0 & \text{untuk } x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & \text{untuk } a \le x < b \\ \frac{c-x}{c-b} & \text{untuk } b \le x \le c \\ 0 & \text{untuk } x > c \end{cases} \quad (2.4)$$



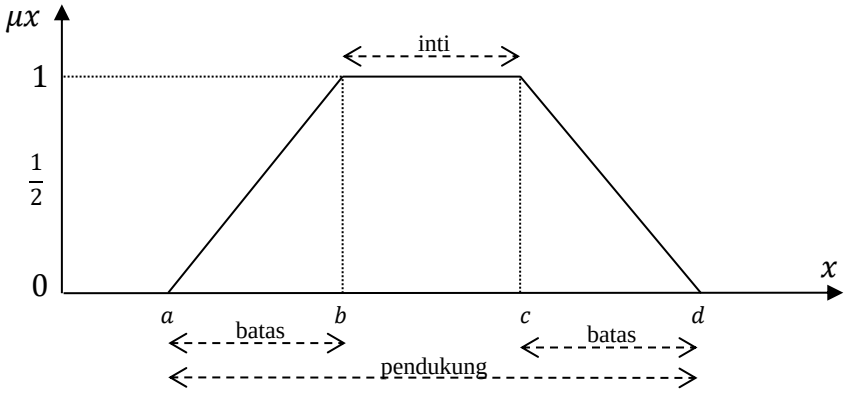
Gambar 2.28 Kurva fungsi keanggotaan segitiga.

d. Fungsi Trapesium

Fungsi keanggotaan trapesium hampir sama dengan fungsi keanggotaan segitiga, hanya saja pada titik puncak yang merupakan inti kurvanya berbentuk

garis lurus ke samping. Persamaan 2.5 menunjukkan fungsi keanggotaan trapesium.

$$\tau(x,a,b,c,d) = \begin{cases} 0 & \text{untuk } x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & \text{untuk } a \le x < b \\ 1 & \text{untuk } b \le x < c \\ \frac{d-x}{d-c} & \text{untuk } c \le x \le d \\ 0 & \text{untuk } x > d \end{cases} \quad (2.5)$$

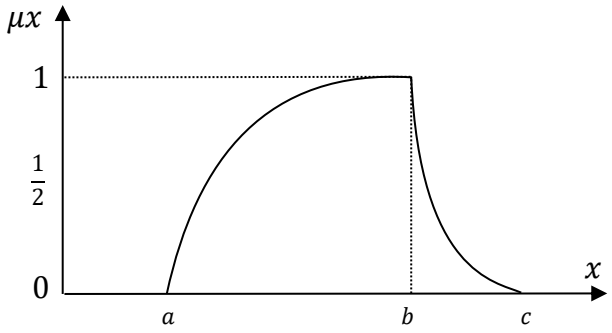


Gambar 2.29 Kurva fungsi keanggotaan trapesium.

e. Fungsi Eksponen

Fungsi keanggotaan eksponen pada awalnya bergerak lurus, kemudian kurvanya bergerak naik cukup tajam hingga titik puncak, lalu turun dengan tajam ke titik terendah, untuk kemudian bergerak lurus kembali. Persamaan 2.6 menunjukkan fungsi keanggotaan eksponen.

$$e'(x,a,b,c) = \begin{cases} 0 & \text{untuk } x < a \\ 1 - e^{-\frac{x-a}{a}} & \text{untuk } a \le x \le b \\ e^{-\frac{x-b}{a}} & \text{untuk } b \le x < c \\ 0 & \text{untuk } x > c \end{cases} \quad (2.6)$$



Gambar 2.30 Kurva fungsi keanggotaan eksponen.

Dari kelima bentuk tersebut, fungsi keanggotaan segitiga adalah fungsi yang paling sering digunakan karena proses perhitungannya relatif mudah. Dengan menggunakan fungsi keanggotaan, setiap $x \epsilon X$ (setiap elemen pendukung dari himpunan fuzzy) bisa diberi derajat keanggotaan secara individu yang bervariasi dalam [0,1]. Fungsi eksponensial sangat jarang digunakan karena proses perhitungannya yang sulit dan bentuk kurva pada Gambar 2.28 hanyalah bentuk pendekatan.

2.3.2 Fungsi Keanggotaan

Himpunan fuzzy bisa dikenai beberapa operasi dan relasi, yaitu: komplemen (*complement*), irisan (*intersection*), gabungan (*union*).

1. Komplemen

   Operasi komplemen himpunan fuzzy *A* dengan fungsi keanggotaan μ_A dinyatakan sebagai negasi dari fungsi keanggotaan individual, dan disebut sebagai kriteria negasi.

   $$\mu_{\overline{A}}(x) = 1 - \mu_A(x) \tag{2.7}$$

   Operasi komplemen pada teori fuzzy adalah ekuivalen dengan operasi *NOT* pada aljabar logika (*boolean algebra*).

2. Irisan

   Operasi irisan dua himpunan fuzzy *A* dan *B* yang memiliki fungsi keanggotaan μ_A dan μ_B dinyatakan sebagai minimum dari dua fungsi keanggotaan individual, dan disebut sebagai kriteria minimum.

$$\mu_{A\cap B}(x) = min(\mu_A(x), \mu_B(x)) \quad (2.8)$$

Operasi irisan pada teori fuzzy adalah ekuivalen dengan operasi *AND* pada aljabar logika.

3. Gabungan

Operasi gabungan dua himpunan fuzzy *A* dan *B* yang memiliki fungsi keanggotaan μ_A dan μ_B dinyatakan sebagai maximum dari dua fungsi keanggotaan individual, dan disebut sebagai kriteria maximum.

$$\mu_{A\cup B}(x) = max(\mu_A(x), \mu_B(x)) \quad (2.9)$$

Operasi gabungan pada teori fuzzy adalah ekuivalen dengan operasi *OR* pada aljabar logika.

Pengertian relasi pada himpunan fuzzy sama seperti pada himpunan klasik. Bila *A* adalah himpunan fuzzy dengan semesta pembicaraan *X*, sedangkan *B* adalah himpunan fuzzy dengan semesta pembicaraan *Y*, maka:

$$A\ x\ B = R \subset X\ x\ Y$$

dimana tanda *x* adalah notasi dari produk Kartesius, dan didefinisikan bahwa:

$$\mu_R(x,y) = \mu_{AxB}(x,y) = min(\mu_A(x), \mu_B(y)) \quad (2.10)$$

Demikian juga dengan pengertian komposisi antara dua buah relasi, baik pada himpunan klasik maupun himpunan fuzzy memiliki pengertian yang sama. Bila R adalah relasi $X\ x\ Y$, S adalah relasi $Y\ x\ Z$, dan T adalah relasi $X\ x\ Z$, maka dapat dikatakan bahwa:

$$T = R \circ S$$

dan didefinisikan sebagai:

$$\mu_T(x,z) = max\big(min(\mu_R(x,y), \mu_S(y,z))\big) \quad (2.11)$$

2.3.3 Logika Kalimat

Logika kalimat yang digunakan pada logika fuzzy adalah proposisi dalam bentuk negasi, konjungsi, disjungsi, dan implikasi. Untuk menentukan nila kebenaran dari negasi, konjungsi, dan disjungsi digunakan cara yang sama dengan

menentukan derajat keanggotaan dari komplemen, irisan, dan gabungan pada himpunan fuzzy.

Misalkan A dan B adalah dua buah proposisi, maka implikasinya ditulis sebagai $A \rightarrow B$. Dengan logika kalimat dapat dibuktikan bahwa $A \rightarrow B \equiv \bar{A} \cup B$. Dengan menggambarkan $\bar{A} \cup B$ pada bidang Kartesius (Gambar 2.28), maka dapat dilihat bahwa:

$\bar{A} \cup B \equiv (A \; x \; B) \cup (\bar{A} \; x \; Y)$

dimana:

$A \subset X$ dan $B \subset Y$. Jadi:

$A \rightarrow B \equiv (A \; x \; B) \cup (\bar{A} \; x \; Y)$

dan:

$$\mu_{A \rightarrow B}(x, y) = max\left(min\big(\mu_A(x), \mu_B(y)\big), min\big((1 - \mu_A(x)), 1\big)\right) \quad (2.12)$$

Dalam metoda logika fuzzy, terdapat sekumpulan aturan dalam bentuk implikasi. Misalnya:

Aturan 1: Jika x adalah A, maka y adalah B; dengan A dan B adalah himpunan fuzzy.

Bila terdapat sebuah syarat lain, yaitu A', maka dapat dicari kesimpulan B' yang memenuhi:

Jika x adalah A' maka y adalah B'.

Caranya adalah dengan melakukan komposisi antara $A' \circ R$ dimana $R = \mu_{A \rightarrow B}(x, y)$. Alasannya karena $A \rightarrow B$ merupakan relasi antara A dan B, maka bila akan dicari $A' \rightarrow B$, harus dicari relasi antara A' dengan A, kemudian dilanjutkan dengan relasi antara A dan B. Ini artinya sama dengan komposisi antara A' dengan R, dan dinamakan B'.

2.3.4 Metode Titik Berat Luasan

Nilai B' yang masih fuzzy harus dikonversikan ke bentuk B' yang pasti. Salah satu caranya adalah dengan menggunakan metode titik berat luasan. Setiap elemen pendukung himpunan fuzzy B' menyatakan label dari himpunan fuzzy,

namun belum tentu memiliki derajat keanggotaan seperti yang dinyatakan oleh pembilangnya.

Untuk menentukan kepemilikan suatu derajat keanggotaan, maka absis titik berat luasan dimana elemen pendukung tersebut berada harus dicari. Titik absis inilah yang nantinya akan dianggap sebagai elemen pendukungnya. Apabila kurva fungsi keanggotaan berbentuk segitiga sama kaki, maka elemen-elemen pendukung tersebut memang memiliki derajat keanggotaan seperti yang tertera pada pembilangnya. Untuk setiap jenis kurva fungsi keanggotaan, mencari titik berat luasan dapat dilakukan dengan menggunakan formula:

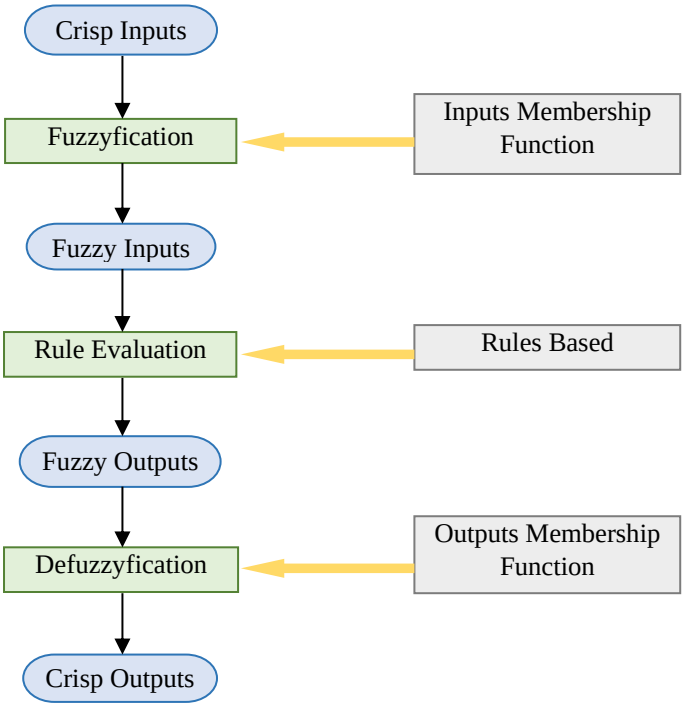
$$\bar{x} = \frac{\int \mu_x(x).\, x\, dx}{\int \mu_x(x) dx} \tag{2.13}$$

2.3.5 Sistem Logika Fuzzy

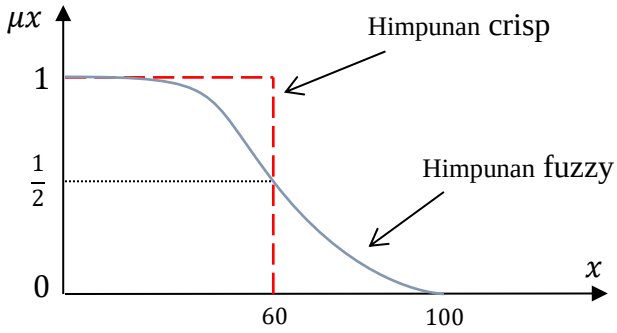
Teori himpunan logika fuzzy dapat mempresentasikan dan menangani masalah ketidakpastian yang dalam hal ini dapat berarti keraguan, ketidaktepatan, kurang lengkapnya suatu informasi, dan kebenaran yang bersifat sebagian. Di dunia nyata seringkali dihadapi pada masalah yang informasinya sulit sekali untuk diterjemahkan ke dalam suatu rumus atau angka yang tepat karena informasi tersebut bersifat kualitatif.

Himpunan fuzzy adalah sekumpulan obyek X dimana masing-masing obyek memiliki nilai keanggotaan (*membership function*) M atau yang disebut juga dengan nilai kebenaran yang dipetakan ke dalam range [0,1]. Jika X merupakan sekumpulan obyek dengan anggotanya dinyatakan dengan x, maka himpunan fuzzy dari A di dalam X adalah himpunan dengan sepasang anggota (Zadeh, 1968).

Teori himpunan fuzzy merupakan suatu teori tentang konsep penilaian dan segala sesuatu merupakan persoalan derajat, atau diibaratkan bahwa segala sesuatu memiliki elastisitas. Hubungan antara himpunan fuzzy dan himpunan *crisp* dapat dilihat pada Gambar 2.31.



Gambar 2.31 Diagram blok pengendali logika fuzzy.



Gambar 2.32 Hubungan antara himpunan fuzzy dan himpunan crisp dalam representasi kecepatan kendaraan.

Gambar 2.32 menunjukkan bahwa himpunan crisp mempresentasikan jika kecepatan kendaraan masih di bawah 60 KM/jam maka kendaraan tersebut dikatakan lambat, tetapi jika tidak maka dikatakan sedang mengebut. Sedangkan pada himpunan fuzzy, himpunan kecepatan lambat ditentukan oleh derajat keanggotaannya. Secara khusus kurva tersebut dikatakan sebagai fungsi keanggotaan.

Untuk pengendali berbasis logika fuzzy yang non linier dengan sistem yang tidak memiliki model matematik, analisis kestabilannya dapat dilakukan dengan kriteria kestabilan energi. Sistem dinamik dikatakan stabil jika energi total yang ada terus menerus menurun hingga mencapai keadaan seimbang. Energi dari himpunan fuzzy X dinyatakan sebagai.

$$E(x) = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} w(x_i) \circ f\left(\mu_x(x_i)\right) \tag{2.14}$$

dengan $w(x_i)$ adalah koordinat elemen pendukung, dan $f(\mu_x(x_i))$ adalah derajat keanggotaan dari elemen pendukung tersebut.

Sedangkan energi dari relasi antar himpunan fuzzy dinyatakan sebagai:

$$E(R) = \frac{1}{n.m}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} w(x_i, y_j) \circ f(\mu_R(x_i, y_j)) \tag{2.15}$$

dimana $w(x_i, y_j)$ adalah produk Kartesius dari koordinat elemen pendukung ke-i pada himpunan X dengan elemen pendukung ke-j pada himpunan Y, dan $f(\mu_R(x_i, y_j))$ adalah derajat keanggotaan pada matriks relasi.

Fungsi energi dari sistem himpunan fuzzy adalah:

$$\Delta E = E(R^n) - E(R^{n-1}) \tag{2.16}$$

Suatu sistem himpunan fuzzy dikatakan stabil jika $\Delta E \leq 0$ untuk $n > 0$.

2.3.6 Tipe Fuzzy Inference Mamdani

Inferensi fuzzy Mamdani adalah metodologi fuzzy yang paling sering digunakan. Inferensi fuzzy ini diusulkan pada tahun 1975 oleh Ebrahim Mamdani dalam penelitian untuk mengendalikan kombinasi mesin uap dan *boiler* dengan melakukan akuisisi aturan linguistik kontrol yang diperoleh dari operator manusia yang berpengalaman. Sistem kontrol berbasis himpunan fuzzy pertama kali diusulkan menggunakan metode ini. Metode inferensi ini diterima secara luas oleh masyarakat untuk melakukan akuisisi pengetahuan pakar.

Proses inferensi fuzzy Mamdani dilakukan dalam empat langkah sebagai berikut:

1. Fuzzifikasi variabel input (*fuzzyfication*)

   Pada langkah ini nilai input yang berupa himpunan *crisp value* diubah menjadi himpunan fuzzy.

2. Evaluasi aturan (*rule evaluation*)

   Pada tahapan ini dilakukan proses evaluasi terhadap setiap aturan (*rule*) yang merupakan hasil dari akuisisi pengentahuan seorang pakar dalam bentuk *rule IF-THEN* dan melakukan perhitungan terhadap hasil *rule* tersebut. Operator yang digunakan biasanya adalah gabungan (*union*) dan irisan (*intersection*) yang akan menggunakan operator *min* dan *max* atau *AND* dan *OR*.

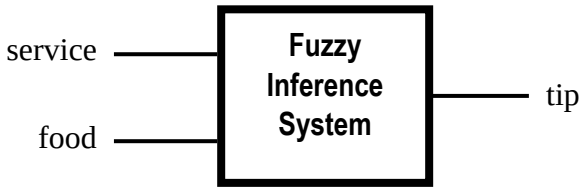
3. Agregasi aturan keluaran (*output rule aggregation*)

   Agregasi adalah sebuah proses pengumpulan seluruh output dari semua *rule* yang ada dan digabungkan menjadi satu himpunan fuzzy.

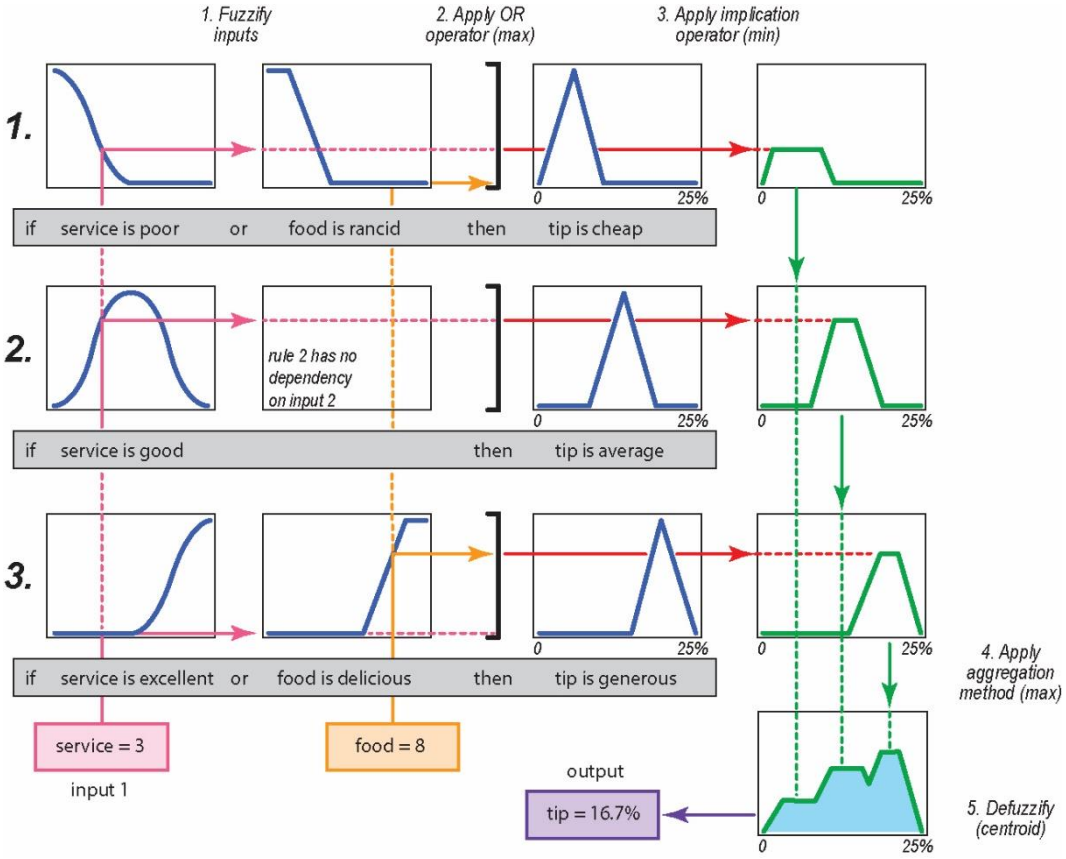
4. Defuzzifikasi (*defuzzification*)

   Langkah terakhir adalah defuzzifikasi yaitu proses mengubah nilai himpunan fuzzy suatu keluaran menjadi satu *crisp value*. Metode yang sering digunakan dalam langkah defuzzifikasi ini adalah metode *centroid*, yaitu menentukan nilai titik pusat pertemuan dengan menggunakan formula *Center of Gravity* (*COG*).

Berikut ini adalah contoh pemanfaatan sistem inferensi fuzzy Mamdani untuk kasus pemberian tip pada sebuah tempat makan. Besarnya tip ditentukan oleh dua faktor yaitu kualitas layanan dan kualitas makanan di restoran tersebut. Penilaian terhadap kualitas layanan dan makanan diberikan dalam skala 1 sampai dengan 10 seperti yang tampak pada Gambar 2.34. Tabel 2.1 merupakan table fungsi keanggotaan input fuzzy berdasarkan kualitas layanan dan kualitas makanan.



Gambar 2.33 Gambar FIS pada kasus pemberian tip (*tipper*).



Gambar 2.34 Fuzzy aggregation (Tutorial of Mathlab).

Tabel 2.1 Fungsi keanggotaan input fuzzy

Variabel Input	Fungsi Keanggotaan			
	Range	MF	Type	Control
Service	0..10	Poor	Gaussian	[1.5 0]
		Good	Gaussian	[1.5 5]
		Excellent	Gaussian	[1.5 10]
Food	0..10	Rancid	Trapesium	[0 0 1 3]
		Delicious	Trapesium	[7 9 10 10]

Aturan umum dalam pemberian tip adalah sebagai berikut:

1. Jika layanan buruk atau makanan tidak enak maka tip kecil.
2. Jika layanan baik maka tip rata-rata.
3. Jika layanan sangat baik atau makanan enak maka tip besar.

Diasumsikan bahwa tip rata-rata adalah 15%, tip murah hati adalah 25% dan tip murah adalah 5%. Dengan demikian dibentuklah fungsi keanggotaan output fuzzy

seperti yang terlihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Fungsi keanggotaan output fuzzy

Variabel Output	Fungsi Keanggotaan			
	Range	**MF**	**Type**	**Control**
Tip	0..30	Cheap	Triangle	[0 5 10]
		Average	Triangle	[10 15 20]
		Generous	Triangle	[20 25 30]

Dari aturan umum dalam pemberian tip tersebut maka dibentuklah aturan *IF-THEN* berdasarkan Tabel 2.1 dan Tabel 2.2 sebagai berikut:

1. *IF Service is Poor OR Food is Rancid THEN Tip is Cheap*
2. *IF Service is Good THEN Tip is Average*
3. *IF Service is Excellent OR Food is Delicious THEN Tip is Generous*

Gambar 2.33 menunjukkan semua Langkah yang diaplikasikan ke dalam *FIS (Fuzzy Inference System) Tipper*. Pada Gambar 2.33 terdapat dua buah input yaitu $service = 3$ pada input 1 dan $food = 8$ pada input 2. Dari ketiga *rule* tersebut diketahui bahwa kedua inputan memenuhi ketiga *rule* tersebut sehingga setiap *rule* akan menghasilkan keluaran masing-masing. Pada akhirnya dengan menggunakan metode Center of Gravity diperoleh bahwa tip yang diberikan adalah 16,7%.

Beberapa kelebihan *Fuzzy Inference System* yang menggunakan metode Hamdani adalah:

1. Cocok untuk sistem yang tidak banyak variabelnya.
2. Banyak diterima di kalangan masyarakat.
3. Sangat cocok untuk input yang berasal dari manusia.
4. Cocok untuk sistem yang pengetahuannya didapat dari hasil akuisisi seorang pakar.
5. *MISO* (*Multiple Input Single Output*) dan *MIMO* (*Multiple Input Multiple Output*).

2.4 Penelitian Sebelumnya

Beberapa penelitian di bidang animasi dan machinima telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Beberapa rujukan yang bisa menjadi dasar penelitian akan dijelaskan pada sub bab ini.

Seiring dengan perkembangan masa, saat ini para pengembang permainan komputer dan film animasi 3D selalu berupaya agar yang dihasilkan dapat menyerupai dunia nyata. Para pengembang aplikasi 3D ini menggunakan beberapa metode dan algoritma untuk membuat semua detail komponen yang ada menjadi senatural mungkin sehingga memberikan hasil yang lebih baik. Atau dengan kata lain, dunia maya dituntut untuk semirip mungkin dengan dunia nyata. Biasanya pengaturan sumber cahaya tambahan pada sebuah produksi sinematik dalam produksi film animasi dan permainan komputer dilakukan oleh seorang animator. Saat ini peran sutradara dalam hal tersebut juga sangat diperlukan agar produk sinematik yang dihasilkan dapat semakin nyata. Seorang sutradara akan memanfaatkan *storyboard* untuk menjelaskan ide yang diinginkan dalam produksi sinematik sesuai dengan kaidah-kaidah sinematografi (Hart, 2008). Saat membuat sebuah produk sinematik, biasanya penempatan sumber cahaya tambahan dilakukan oleh seorang animator atau petugas penerang (*lightman*).

Pada kenyataannya penempatan dan pengaturan parameter sumber cahaya tambahan virtual secara manual pada lingkungan virtual akan membutuhkan banyak pemodelan dan perhitungan yang harus diulang untuk setiap perubahan kondisi adegan dan kamera. Dalam teori iluminasi global (*global illumination*) (Artzi, 2008)(Arvo, 1999)(Belcour, 2014)(Luan, 2014), dikatakan bahwa ada hubungan yang sangat rumit antara parameter-parameter cahaya dan hasil efek pencahayaan. Hal ini sangat kontra intuitif bahkan untuk desainer yang sudah terlatih. Terkadang dibutuhkan banyak set lampu tambahan untuk memenuhi efek pencahayaan yang diinginkan dan ditentukan oleh sutradara film (Bordwell, 1997). Untuk mencapai efek yang diinginkan, perancang pencahayaan perlu berupaya ekstra untuk secara hati-hati dan berulang kali menyesuaikan parameter cahaya dari setiap sumber cahaya tambahan. Ini adalah proses yang sangat padat karya dan memakan waktu. Di sisi lain, proses rendering berulang karena beberapa percobaan

tentang kemungkinan menambahkan sumber cahaya tambahan akan sangat tinggi dalam hal biaya dan waktu (Ren, 2013).

Cahaya dalam sinematografi tidak hanya digunakan untuk menerangi suatu obyek. Ada beberapa hal yang dikerjakan oleh pencahayaan. Pencahayaan menciptakan suatu gambar yang memiliki gradasi, pengaturan dan penyeimbangan warna obyek, bentuk dan dimensi dari suatu obyek, memberikan separasi sehingga suatu obyek bisa terlihat menonjol dari latar belakangnya, memberikan kedalaman dari suatu bingkai (*frame*), memberikan tekstur, corak dan eksposur (*exposure*) dari suatu objek (Brown, 2012).

Untuk menghasilkan pencahayaan yang baik pada suatu produk sinematik maka dibutuhkan beberapa sumber cahaya tambahan selain sumber cahaya yang sudah terpasang (Brown, 2012)(Jendersie, 2016)(McGuire, 2016). Penambahan sumber cahaya tambahan ini sangat tergantung dari tuntutan skenario dan dipengaruhi oleh keinginan dari sutradaranya (Barzel, 1997).

Perancangan pencahayaan merupakan hal yang sangat penting dalam suatu fase produksi film animasi komputer dimana pencahayaan digunakan untuk membangun suasana dari suatu adegan (*scene*) dan memperkuat cerita (*storytelling*)(Bedrosian, 2013). Hal ini dapat dianggap sebagai kebalikan dari permasalahan iluminasi global. Menurut Lin (2013) perancangan pencahayaan memainkan peranan yang sangat krusial pada perancangan pencahayaan dalam ruangan (*indoor*), sinematografi yang menggunakan komputer dan banyak aplikasi lainnya.

Brown mengemukakan bahwa dalam proses pembuatan sebuah film dibutuhkan beberapa sumber cahaya yang diletakkan pada posisi tertentu dengan jenis dan fungsinya masing-masing, meskipun dalam pengaturan yang sederhana (Brown, 2012)(Kim, 2011). Sumber cahaya yang diperlukan tersebut ada yang berfungsi sebagai *fill light*, *key light*, *background light*, *kicker*, dan *backlight*.

Berdasarkan penelitian dari Gkioulekas (2013), objek perlu diterangi oleh dua sumber cahaya, yaitu pada sekitar 45° antara kamera dan objek sebagai pencahayaan depan (*front lighting*), dan pada kebalikan dari lampu depan sebagai pencahayaan belakang (*back lighting*). Sementara itu, menurut Kanematsu (2017), para desainer hanya membutuhkan tiga titik posisi cahaya tambahan, yaitu sekitar

45° di depan objek sebagai cahaya utama (*main light*), di samping objek sebagai *key light*, dan pada sekitar 45° di belakang objek sebagai *back light*. Posisi ketiga sumber cahaya ini dapat berbeda tergantung pada situasi adegan.

Intensitas cahaya pada suatu objek tidak hanya berasal dari sumber cahaya yang secara langsung mengenai obyek tersebut, tetapi juga berasal dari cahaya lain yang dipantulkan oleh objek lain di sekitarnya (Kallberg, 2014). Cahaya yang dipantulkan ini tergantung pada tingkat kilau dari permukaan objek, tingkat kehalusan, dan warnanya (Andreas, 2020).

Walaupun telah ada beberapa penelitian yang berkaitan dengan pencahayaan pada dunia sinematografi, tetap memang masih belum banyak penelitian yang langsung mengarah pada tata pencahayaannya. Penelitian ini tidak hanya membahas mengenai penambahan sumber cahaya, tetapi juga mengenai pengaturan parameter-parameternya berdasarkan gaya sutradara. Untuk pengukurannya, penelitian ini menggunakan kuesioner yang ditujukan ke beberapa desainer film.

Penelitian ini menggunakan pendekatan berbasis logika fuzzy yang tidak membutuhkan perhitungan berulang dan juga tidak membutuhkan pelatihan dengan menggunakan kumpulan data berlabel dalam jumlah yang banyak. Hal yang terpenting adalah bahwa bahasa yang digunakan pada dunia sinematografi menyerupai bahasa pada logika fuzzy.

BAB 3
PENENTUAN INTENSITAS SUMBER CAHAYA TAMBAHAN DENGAN LOGIKA FUZZY

Dalam dunia sinematografi, sering kali diperlukan penambahan sumber cahaya tambahan agar gambar yang diambil dapat lebih baik. Proses penambahan sumber cahaya ini biasanya dilakukan secara manual oleh *lightman* atau atas arahan sutradara. Tetapi ada banyak hal yang mempengaruhi penempatan dan pengaturan sumber cahaya tambahan ini. Jika dilakukan secara manual, maka hal ini akan memakan waktu dan biaya dalam prosesnya karena perubahan sedikit saja pada satu sumber cahaya tambahan akan diperlukan pengaturan pada parameter-parameternya.

3.1 Kebiasaan Sutradara dalam Pencahayaan

Seperti yang diuraikan oleh John Hart (2008), di dalam sinematografi terdapat beberapa fungsi pencahayaan, yaitu:

1. *Key light*

   Key light merupakan cahaya utama pada sebuah *frame* yang bertujuan untuk menyinari aktor utamanya. Dalam pelaksanaannya *key light* menggunakan lampu jenis *tungsten* atau *halogen*.

2. *Fill light*

   Fill light merupakan cahaya tambahan yang digunakan untuk mengisi bagian gelap dimana terjadi bayangan akibat cahaya yang berasal dari *key light* dan juga cahaya pantul yang berasal dari obyek lain yang berada di sekitarnya.

3. *Hair light*

   Hair light atau yang juga biasa disebut dengan *back light* dibentuk dengan cara meletakkan sumber cahaya pada bagian belakang aktor untuk menerangi bagian rambut atau belakang aktor tersebut. Dengan demikian aktor tersebut akan terlihat terpisah atau lebih menonjol dari latar belakangnya (*background*).

4. *Eye light*

Fungsi *eye light* hampir sama dengan *fill light*, hanya saja *eye light* memiliki tujuan khusus yaitu memberikan tambahan *highlight* pada mata dari seorang aktor. Hal ini tidak hanya berlaku pada suasana yang terang melainkan juga pada suasana yang gelap sekalipun.

5. *Diffused light*

Diffused *light* merupakan cahaya lembut yang diarahkan pada bagian wajah dari seorang aktor. Cahaya ini digunakan untuk memberikan *fill light* tambahan yang bertujuan untuk menghilangkan atau melembutkan bagian yang merupakan batas pertemuan antara *key light* dan *fill light*. Dalam prakteknya di produksi film, hal ini dilakukan dengan memberikan filter yang tahan api pada bagian depan lampu.

6. *Hi-key light*

Hi-key light digunakan untuk memberikan efek pengaturan pencahayaan yang tinggi. Hal ini biasanya digunakan pada penampilan komedi, musical, dan sebagainya.

7. *Low-key light*

Low-key light merupakan pencahayaan yang lebih gelap dengan menambahkan kontras serta memberikan efek cahaya dan bayangan yang lebih kuat. Pencahayaan ini biasanya digunakan pada adegan film *noir*, drama, *suspense*, misteri pembunuhan, dan sebagainya.

8. *Rim light*

Rim light merupakan pencahayaan dari sisi samping wajah aktor. Kadangkala *rim light* bisa dibentuk dengan meletakkan sumber cahaya pada bagian belakang aktor yang mengarah ke bagian kiri atau kanan wajah aktor.

Dalam membuat *storyboard* dan menafsirkan naskah atau skenario yang diberikan, seorang desainer harus selalu memahami dan menyadari semua sumber cahaya yang dibutuhkan, terutama terhadap sumber cahaya yang berfungsi sebagai *key light*, *fill light* dan *back light*. Hal ini dirasa perlu karena memvariasikan intensitas cahaya ke dalam *storyboard* akan menambah daya tarik visual ke dalam gambar.

Key light merupakan jenis cahaya yang sering digunakan dalam sinematografi. *Key light* merupakan cahaya utama yang menyinari tokoh aktor pada sebuah *scene*. Cahaya jenis ini bisa berupa *hard light* (tanpa penghalang) atau *soft light* (menggunakan penghalang pada bagian ujung sumber cahaya tersebut atau di bagian depan kamera).

Back light merupakan jenis pencahayaan yang dilakukan dengan cara meletakkan sumber cahaya di bagian belakang aktor. *Back light* ini juga sering disebut dengan *hair light*. Jenis pencahayaan ini bertujuan untuk memunculkan detail dari rambut aktor, terutama jika aktornya adalah wanita. *Back light* juga memiliki fungsi lain yaitu untuk memisahkan aktor dari latar belakangnya. Bagian latar belakang ini juga bisa diberi pencahayaan tersendiri dengan tujuan yang sama yaitu agar terpisah dari aktor yang ada di dalam *scene*.

Sebagian gambar di film ditingkatkan hingga taraf tertentu dengan menggunakan *fill light* dengan hanya memantulkan cahaya oleh papan putih atau benda persegi panjang yang berbahan alumunium. Cahaya pantul ini diarahkan ke wajah aktor tertentu. Di samping itu, *fill light* juga digunakan dengan tujuan untuk melembutkan bayangan wajah. Cahaya yang dipantulkan tersebut bisa berasal dari sumber cahaya alami seperti sinar matahari atau sumber cahaya buatan (lampu). *Fill light* juga bisa berupa lampu sorot kecil atau *spotlight* yang diposisikan tepat di bawah wajah aktor, lensa kamera, dan *key light*.

Jika posisi aktor berada di depan cahaya matahari, seperti pada waktu pertengahan pagi atau sore hari, yaitu ketika matahari tidak berada persisi di atas kepala, maka sinar matahari akan menjadi cahaya *hair light* atau *back light* yang mengenai aktor. Yang sering dilakukan adalah mengarahkan papan berwarna putih dengan sudut tertentu sehingga sinar matahari terebut dapat dipantulkan ke arah wajah aktor tersebut.

Untuk menentukan intensitas cahaya yang dibutuhkan, hal yang perlu dipikirkan adalah seberapa dekat posisi aktor tersebut dengan sumber cahayanya. Dalam kebanyakan kasus, jarak minimalnya adalah lima hingga enam kaki atau 1,524 hingga 1,839 meter. *Key light* bisa dipasang dengan kriteria *hard light* maupun *soft light*. Di luar ruangan, matahari bisa menjadi *key light* atau paling tidak sumber cahaya yang dipantulkan. Sebagian besar gambar dalam film di-*diffuse*

hingga batas tertentu dan *fill light* digunakan untuk melembutkan bayangan yang ada di bagian wajah. Intensitas cahaya *back light* bisa diatur menjadi selembut atau sekuat yang diinginkan dan biasanya sebesar sepertiga dari cahaya pada *key light*.

Sebagian besar pencahayaan ditujukan untuk membentuk suasana dan atmosfir pencahayaan yang bisa merefleksikan pandangan dan maksud dari sutradara. Seorang penata cahaya (*lightman*) dituntut untuk mengerti tentang pencahayaan dan peralatannya. Hal ini biasanya dibicarakan dalam pertemuan sebelum produksi dengan sutradara agar bisa memenuhi keinginan sutradara tersebut. Untuk itu selain diperlukan pengetahuan tentang cahaya juga diperlukan pengetahuan tentang kamera, lensa dan sudut kamera (*camera angle*) sehingga bisa menginterpretasikannya dengan benar dan menentukan cahaya yang dibutuhkan.

Jason Mark Hellerman seorang sutradara dan penulis skenario film menulis artikel tentang pencahayaan dalam situs nofilmschool.com. Beliau membagi pencahayaan menjadi 13 jenis, yaitu:

1. *Natural lighting*

   Natural lighting adalah pencahayaan dengan tata cahaya yang terpasang. Biasanya hal ini mengacu pada di mana dan pada pukul berapa sebuah scene tersebut diambil. Untuk hal ini biasanya dibutuhkan papan atau media lain untuk memantulkan cahayanya. Dalam hal ini yang terpenting adalah mencari tahu tentang kondisi set pada waktu yang diinginkan untuk pengambilan gambar.

2. *Key lighting*

   Key light merupakan sumber cahaya utama dalam sebuah *scene* pada aturan *three-point lighting*. Cahaya ini merupakan cahaya yang paling intens dan langsung dari sumber cahayanya. Secara umum, *key light* akan menerangi bentuk dari aktor utama. Hal yang perlu diperhatikan adalah hindari peletakan *key light* di dekat kamera, karena hal ini dapat membuat gambar menjadi datar dan tidak memiliki fitur.

3. *High key lighting*

   Yang dimaksud dengan *high key lighting* adalah gaya pencahayaan pada film, televisi dan fotografi yang mengurangi rasio pencahayaan di dalam *scene*. Pada awal masa produksi perfilman hal ini dilakukan dengan mengatur kontras yang

sangat tinggi, tetapi saat ini digunakan oleh pembuat film untuk menyesuaikan *mood* dan *tone* dari sebuah *scene*. *High key lighting* dilakukan dengan memberikan efek cahaya dengan warna putih dan warna cerah lainnya. Hal ini juga bisa didapat dengan meminimalkan penggunaan warna hitam dan *tone* menengah. Hal ini biasanya digunakan pada film musikal.

4. *Low key lighting*

   Low key lighting adalah teknik pencahayaan yang menggunakan material keras untuk membungkus *scene* dalam bayangan yang tegas. *Low key lighting* dilakukan dengan pengaturan tingkat kontras dan *blackness*. Kunci dari *low key lighting* adalah *tone* gelap, warna hitam dan bayangan. Hal ini diperlukan untuk menciptakan gambar yang sangat kontras di dalam *scene*. Teknik ini biasanya digunakan dalam film *noir* atau *thriller* untuk memberikan peringatan akan hal yang kurang baik.

5. *Fill lighting*

   Fill light digunakan untuk membatalkan bayangan yang terbentuk karena penggunaan *key light*. Sumber cahaya yang berfungsi sebagai *fill light* diletakkan pada posisi yang berlawanan dengan *key light* dan biasanya intensitasnya tidak sebesar *key light*. Oleh karena itu *fill light* tidak akan menimbulkan bayangan pada obyek yang disinari.

6. *Back lighting*

   Back light adalah sumber cahaya yang diletakkan di bagian belakang aktor dan ditujukan ke arah aktor tersebut. Biasanya *back light* diletakkan sedikit lebih tinggi dari obyek yang disinari. *Back light* ini digunakan untuk memisahkan obyek dari latar belakangnya serta memberi bentuk dan kedalaman. *Back light* ini juga akan memberikan rasa tiga dimensi pada *frame*. Dalam sebuah pembuatan film di luar, matahari dianggap sebagai *back light* yang terbaik. Jika *back light* ini diletakkan di sisi belakang aktor pada sudut tertentu, maka *back light* ini disebut dengan *kicker*.

7. *Practical lighting*

   Practical lighting adalah penggunaan sumber cahaya seperti lampu, lilin, atau lainnya ke dalam lokasi pengambilan gambar. Sebagian besar perlengkapan ini ditambahkan ke dalam set untuk menerangi sudut atau wajah aktor untuk

memberikan efek *ambience*. Hal yang perlu diperhatikan dalam penambahan *practical lighting* ini adalah keserasian warna cahayanya.

8. *Hard lighting*

   Hard light adalah cahaya tegas yang dapat dibuat dengan menggunakan cahaya langsung dari sumber cahaya atau matahari. Jenis pencahayaan ini akan menciptakan bayangan dan garis yang tegas. Hal ini bisa digunakan untuk menarik perhatian di posisi mana saja dalam sebuah *frame*, terutama terhadap aktor. Teknik pencahayaan ini juga digunakan untuk menciptakan siluet (*silhouette*) dan *highlight*. *Hard light* bisa dihalangi dengan penggunaan *diffuse* atau kain.

9. *Soft lighting*

   Soft lighting adalah bagian yang cukup rumit dalam sinematografi. *Soft lighting* adalah estetika yang digunakan oleh seorang sinematografer untuk menghilangkan bayangan dan untuk menciptakan kembali nuansa cahaya lembut dari sumber cahaya eksternal. Teknik pencahayaan ini bisa digunakan untuk menggantikan *fill lighting*. Teknik ini juga biasa digunakan untuk memberi efek lebih muda pada wajah aktor.

10. *Bounce lighting*

    Cahaya dari matahari, lampu atau peralatan pencahayaan yang terpasang pada suatu film dapat dipantulkan untuk menyinari subyek yang ada di dalam *scene*. Menggunakan cahaya pantul ini dapat menciptakan area yang lebih luas dari cahaya yang menyebar merata ke seluruh *scene*. Jika dilakukan dengan benar maka cahaya pantul dapat digunakan untuk menciptakan banyak *soft light, fill light*, cahaya atas, samping atau *back light*.

11. *Side lighting (Chiarascuro)*

    Side lighting adalah pencahayaan yang masuk ke dalam *scene* dari sisi samping untuk menerangi subyek. *Side lighting* biasanya digunakan untuk menciptakan *mood* dan drama di dalam *scene*. Untuk mendapatkan *side lighting* yang baik dibutuhkan kontras yang kuat dan *low key* untuk membentuk kontur dari subyek. Jika *side light* ini akan digunakan untuk mengisi *scene*, maka perlu dipantulkan untuk mendapatkan efek *high key*. Side light ini biasanya diarahkan ke aktor atau obyek tertentu.

12. *Motivated lighting*

    Motivated lighting adalah suatu teknik dimana menggunakan sumber cahaya untuk menyerupai *natural light*. Dengan kata lain *motivated lighting* digunakan untuk menggantikan cahaya matahari, bulan, lampu jalanan dan bahkan lampu kendaraan.

13. *Ambient lighting*

    Ambient lighting digunakan untuk memberi efek cahaya yang berasal dari ruang di luar *frame*, seperti dari luar jendela yang masuk ke dalam *frame*. Hal yang perlu diperhatikan adalah waktu pengambilan adegan yang berbading lurus dengan cahaya yang akan masuk ke dalam *frame*, jadi hal ini sangat penting untuk diperhatikan dalam pengambilan gambar dalam waktu yang cukup lama.

3.2 Pencahayaan pada Karya Sinematografi

Seperti diketahui bersama bahwa saat ini penggunaan komputer sudah merambah ke berbagai bidang. Tujuan utama dari penggunaan komputer ini adalah untuk memudahkan, mempercepat proses serta meminimalkan terjadinya kesalahan. Hal serupa juga terjadi dalam dunia sinematografi, dalam hal ini adalah pembuatan sinematik pada sebuah permainan dan film animasi (Lino, 2010). Tuntutan yang dirasakan adalah membuat animasi menjadi semakin berkembang, baik yang 2D maupun 3D, dimana produk yang dihasilkan dapat semakin riil sesuai dengan dunia nyata (Moh, 2019).

Pencahayaan sebagai salah satu komponen penting dalam dunia sinematografi tidak dapat diabaikan begitu saja oleh seorang desainer maupun sutradara. Disinilah pentingnya peranan *storyboard* pada sebuah produksi film animasi, karena melalui hal inilah seorang sutradara dapat menuangkan ide kreatifnya (Hart, 2008). Proses pencahayaan memiliki tingkat kerumitannya sendiri. Bahkan dikatakan bahwa untuk menghasilkan pencahayaan yang sesuai dengan keingiinan dibutuhkan usaha yang sangat kontra intuitif, bahkan bagi seorang desainer yang sudah sangat terlatih. Oleh karena itu peran komputer dalam

hal ini sangat dibutuhkan. Salah satu teknologi komputer untuk mendukung pembuatan produk sinematik adalah machinima (Picard, 2006)(Poian, 2006).

Machinima adalah sebuah teknik menggunakan teknologi mesin grafis 3D untuk menghasilkan karya sinematik dalam lingkungan virtual secara real time (Hancock, 2007). Saat pembuatan film, penempatan dan pengaturan pencahayaan adalah tugas dari seorang sutradara yang dibantu dengan lightman. Pada sinematik dalam game, hal tersebut dilakukan oleh desainer. Tetapi proses ini seringkali dirasakan sangan menyita waktu dan biaya karena dengan adanya pergeseran sedikit saja dari posisi sumber cahaya tersebut, maka proses pengaturannya akan diulang kembali.

(a) (b)

(c) (d)

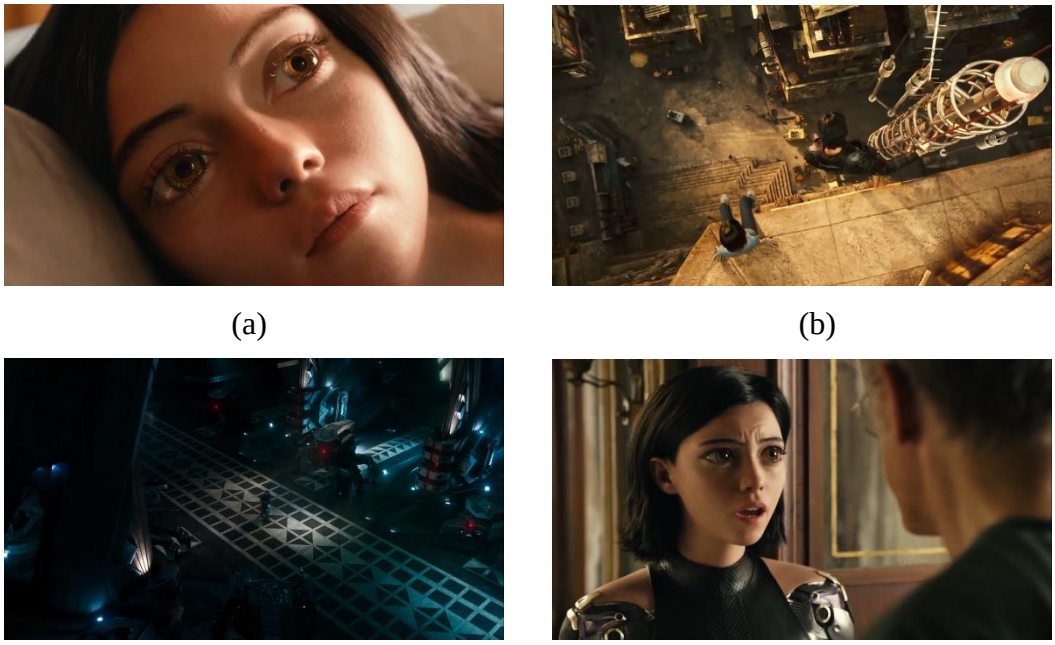
Gambar 3.1 Pencahayaan pada film Avatar dari beberapa sudut kamera: (a) pemberian *fill light* yang kuat; (b) *main light* dengan intensitas sedang; (c) *key light* yang sangat kuat; (d) *main light* sedang dan *key light* yang cukup kuat. (Film Avatar)

Film Avatar yang ditulis dan disutradarai oleh James Cameron pada tahun 2009 merupakan tonggak kelahiran produksi film berbasis lingkungan virtual (Benneth, 2014). Pencahayaan pada film ini sudah sedemikian baiknya dimana semuanya diatur secara detail dalam beberapa situasi adegan dan posisi kamera.

Kelebihan dari pencahayaan secara virtual adalah bahwa sumber cahaya dapat diletakkan pada posisi yang sulit jika dilakukan secara manual.

Sebuah film terdiri dari banyak pengambilan gambar. Setiap pengambilan gambar membutuhkan penempatan kamera pada posisi yang terbaik. Sinematografi adalah pengaturan pencahyaan dan kamera ketika merekam gambar fotografis untuk suatu sinema (Mascelli, 1998).

Faktor pencahayaan dalam sinematografi perlu diperhatikan karena dengan adanya teknik pencahayaan yang baik maka dapat dihasilkan sebuah film yang baik pula. Dikatakan bahwa pengaturan pencahayaan dapat memperkuat suasana adegan dan alur cerita. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pengaturan pencahayaan antara lain jenis sumber cahaya (*light source type*), posisi (*position*), peran, arah (*rotation*), ukuran (*spot angle*), intensitas (*intensity*) dan warnanya.



(a) (b)

(c) (d)

Gambar 3.2 Teknik penempatan kamera pada film Alita: Battle Angle: (a) *eye level* dan *extreme close-up*; (b) *bird view* dan *medium shot*; (c) *high angle* dan *long shot*; (d) *eye level* dan *close-up*. (Film Alita)

Selain pencahayaan, terdapat hal lain yang tidak kalah pentingnya dalam

hal sinematografi, yaitu kamera. Hal penting yang ditentukan terhadap kamera adalah sudut kamera (*camera angle*). Camera angle adalah penempatan posisi kamera untuk merekam sebuah adegan pada film (Arijon, 1991). Kaidah penempatan kamera dalam sinematografi dibagi menjadi dua, yaitu berdasarkan jarak (*extreme long shot*, *long shot*, *medium shot*, *close-up*, dan *extreme close-up*) dan ketinggian (*bird view*, *high angle*, *eye level*, *low level*, dan *worm view*). Kedua hal ini dapat dipadupadankan pada saat penempatan kamera. Gambar 3.2 menunjukkan beberapa contoh penempatan kamera pada film animasi Alita: Battle Angel karya James Cameron yang disutradarai oleh Robert Rodriguez.

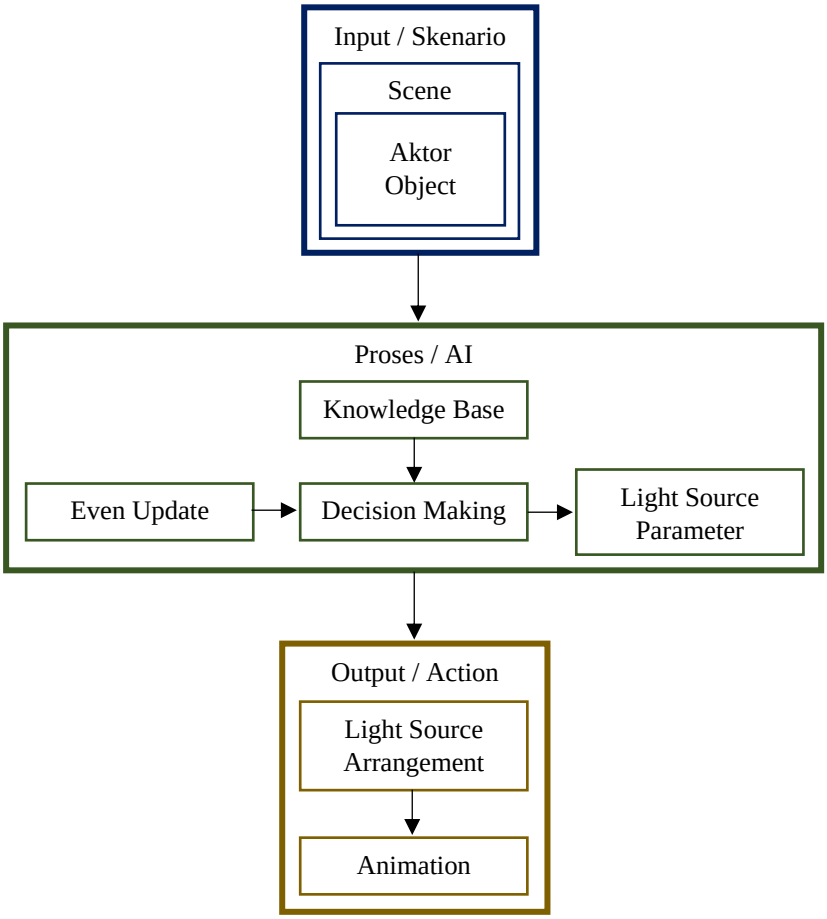
Setiap sutradara memiliki gayanya tersendiri dalam memberikan arahan dan teknik pengambilan adegan. Gaya inilah yang membedakan antara sutradara yang satu dengan lainnya (Sullivan, 2008). Karena setiap sutradara memiliki gayanya sendiri, maka tidak jarang turun tangan secara langsung dalam hal pengaturan sumber cahaya tambahan ini (Pratt, 2011). Salah satu sutradara yang terkenal adalah Quentin Tarantino yang telah menghasilkan banyak film *box office* seperti Django Unchained (2012), Sin City (2005), Kill Bill (2003), Pulp Fiction (1994) dan lain sebagainya.

3.3 Perancangan Sistem

Terdapat dua hal yang dilakukan dalam penelitian disertasi ini, yaitu penempatan sumber cahaya tambahan ke dalam *scene* (adegan) yang merupakan ruang 3 dimensi beserta pengaturannya. Hal-hal yang terkait dengan penempatan sumber cahaya tambahan adalah penentuan koordinat posisi dalam ruang 3 dimensi, sedangkan hal lainnya yang terkait pengaturan adalah penentuan arah, luasan area serta intensitasnya. Gambar 3.3 merupakan blok diagram sistem penambahan sumber cahaya yang dilakukan. Dalam Gambar 3.3 tampak bahwa proses terbagi dalam tiga bagian yaitu input, proses dan output, dimana proses penambahan sumber cahaya ada pada bagian kedua.

Input dari sistem ini adalah skenario dan posisi dari karakter utamanya. Untuk memudahkan proses, maka skenario tersebut dimasukkan ke dalam *storyboard* untuk kemudian dibagi dalam beberapa *scene*. Dari *scene* tersebut akan diambil beberapa parameternya menggunakan aplikasi bantu yaitu *parameter*

extractor, sebuah apliaksi berbasis *web* yang akan menyimpan datanya dengan format XML. Gambar 3.4 menunjukkan tampilan layar dari aplikasi *parameter extractor*.

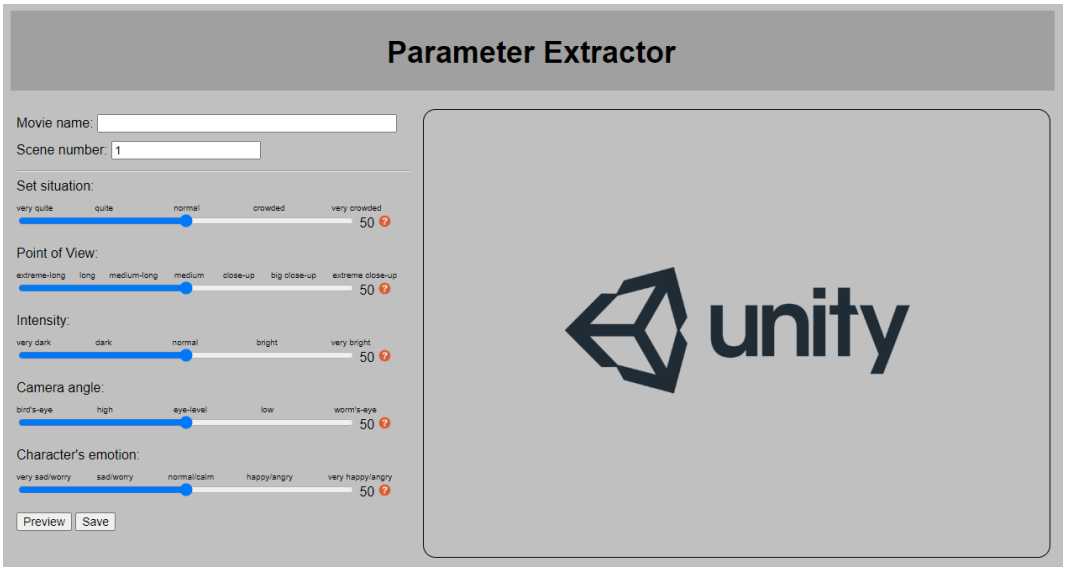


Gambar 3.3 Blok diagram sistem penempatan dan penentuan arah sumber cahaya tambahan

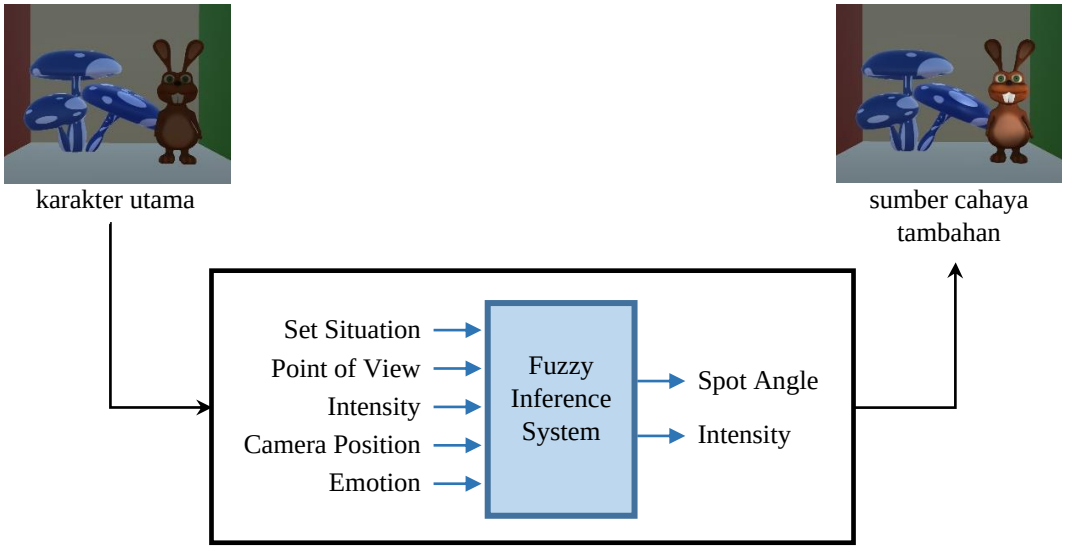
Sub sistem kedua yang merupakan bagian utama dalam penelitian disertasi ini yaitu proses penambahan sumber cahaya ke dalam *scene*. Dari sumber cahaya yang ditambahkan akan dihitung dan ditentukan posisi dari sumber cahaya yang ditambahkan, arah, luasan area, serta intensitasnya. Penambahan sumber cahaya ke dalam *scene* ini didasarkan pada sebuah *knowledge base*. Berdasarkan input dari sub sistem pertama dan *knowledge base* sebagai dasar gaya, maka dengan pendekatan atau metode yang dibuat akan dihitungkan posisi beserta parameter-parameter dari sumber cahaya yang ditambahkan ke dalam *scene*.

Sub sistem ketiga merupakan output dari sistem ini. Pada bagian ini akan

ditambahkan beberapa sumber cahaya secara otomatis ke dalam *scene* berdasarkan hasil perhitungan pada tahap sebelumnya.



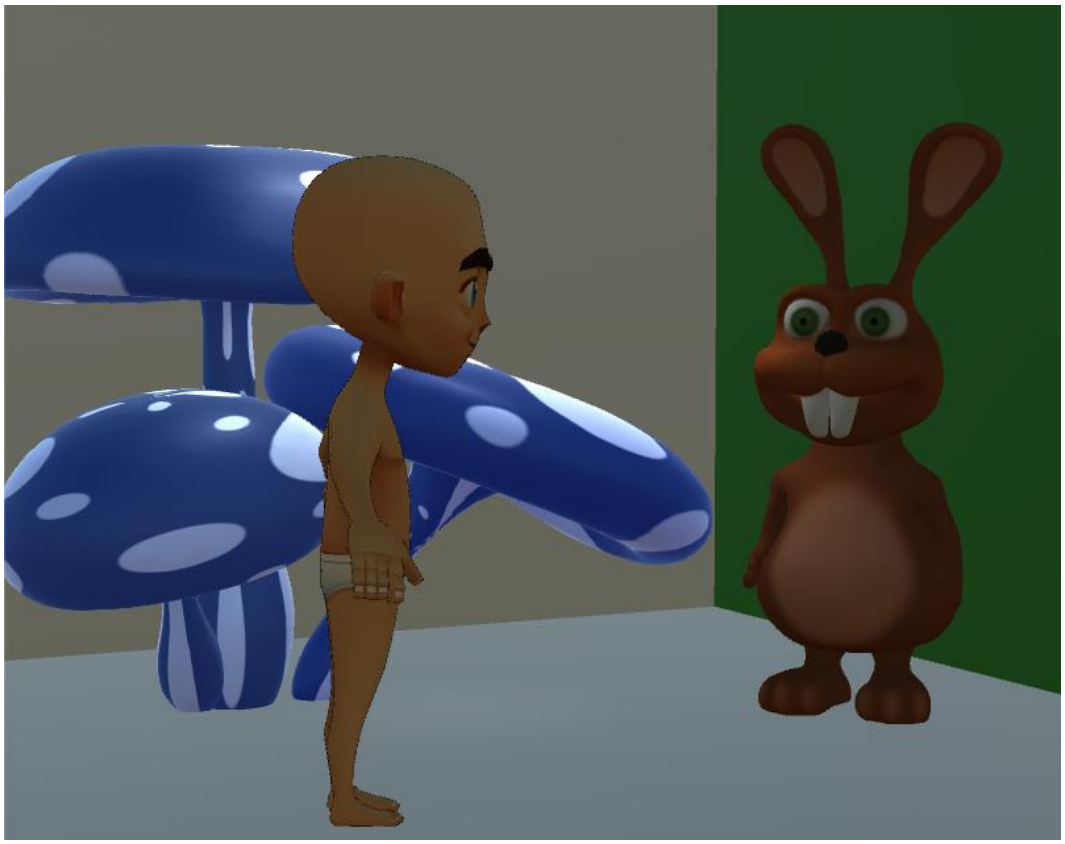
Gambar 3.4 Tampilan halaman beranda dari aplikasi bantu bernama *parameter extractor* yang berbasis *web*.



Gambar 3.5 Gambaran garis besar sistem yang diusulkan.

Gambar 3.5 menunjukkan rancangan sistem yang diusulkan. Input dari sistem yang diusulkan adalah parameter-parameter yang menggambarkan situasi

pada scene yang bersangkutan. Parameter-parameter yang dimaksud adalah situasi *set* (latar), *point-of-view* dari kamera yang aktif, intensitas cahaya yang terpasang di dalam *scene*, posisi kamera yang aktif, serta kondisi emosi dari karakter utamanya. Kelima input ini diberi notasi *situation*, *pov*, *intensity*, *camera* dan *emotion*. Contoh kondisi input yang diberikan untuk *scene* pada Gambar 3.6 adalah *situation=20*, *pov=60*, *intensity=20*, *camera=50* dan *emotion=60*. Parameter-parameter ini yang akan menjadi input bagi FIS (*Fuzzy Inference System*) yang dirancang.



Gambar 3.6 Contoh *scene* yang digunakan dalam penelitian.

Proses utama dari penelitian ini adalah *engine* yang berfungsi untuk menentukan besarnya intensitas cahaya dari sumber cahaya tambahan yang diberikan ke dalam *scene* berdasarkan pendekatan logika fuzzy. Untuk itu dibutuhkan akuisisi pengetahuan dari pakar (*knowledge base*) di bidang

sinematografi. Parameter input merupakan atribut dari kondisi *scene*, sedangkan parameter output berupa besarnya intensitas dari sumber cahaya tambahan.

Setelah didapatkan nilai output ini, kemudian masih ada beberapa proses perhitungan yang digunakan untuk menentukan posisi dari sumber cahaya tambahan tersebut berdasarkan konsep *three points light* yang dikemukakan oleh Brown (2012) dan Kanematsu (2017) beserta arahnya. Dalam sistem yang diajukan dalam penelitian ini digunakan asumsi bahwa warna dari sumber cahaya tambahan adalah putih (#ffffffff) dan jarak antara sumber cahaya tambahan terhadap obyek yang disinari adalah *fix*.

Secara garis besar, algoritma untuk penentuan intensitas cahaya dari sumber cahaya tambahan yang diusulkan dapat dilihat pada Algoritma 3.1.

Algoritma 3.1 Penentuan intensitas cahaya
Input: $Scene_{condition}$
Output: Intensitas sumber cahaya tambahan

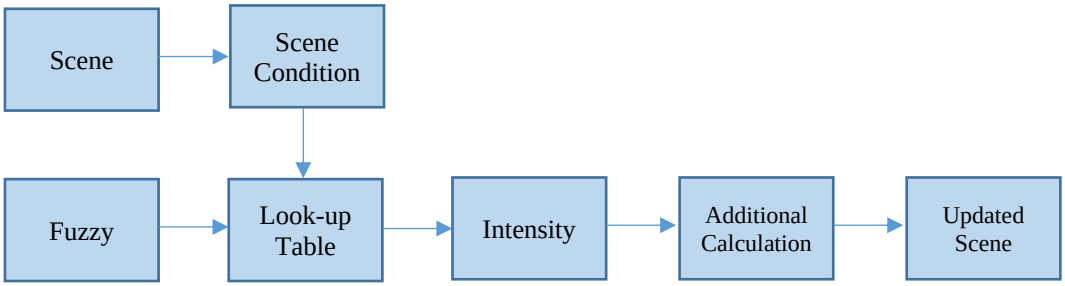
1. $I_{situation}$ = SceneGetSituation($Scene_{condition}$)
2. I_{pov} = SceneGetPov($Scene_{condition}$)
3. $I_{intensity}$ = SceneGetIntensity($Scene_{condition}$)
4. I_{camera} = SceneGetCamera($Scene_{condition}$)
5. $I_{emotion}$ = SceneGetEmotion($Scene_{condition}$)
6. $O_{intensity}$ = EvaluateFIS($I_{situation}$, I_{pov}, $I_{intensity}$, I_{camera}, $I_{emotion}$)
7. CALL PlaceAdditionalLight($O_{intensity}$)

3.4 Rancangan Penambahan Sumber Cahaya

Secara umum sistem dalam penelitian ini dapat digambarkan seperti yang tampak pada Gambar 3.7. Aturan-aturan yang dimasukkan ke dalam sistem fuzzy ini adalah pengetahuan yang didapat dari kegiatan studi lapangan dan wawancara terhadap beberapa pakar di bidang pencahayaan yang bekerja di produksi film dan fotografi. Dari hasil wawancara terdapat beberapa perbedaan pendapat dari para pakar, tetapi penelitian ini berhasil mengelompokkannya berdasarkan kesamaan pendapat mayoritas. Perbedaan pendapat ini sangat umum karena adanya gaya dari masing-masing pakar. Beberapa contoh aturan tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Logika fuzzy akan menghasilkan aturan dari intensitas sumber cahaya tambahan yang dalam penelitian ini disebut dengan *look-up table* seperti yang tampak pada Gambar 3.7. *Look-up table* ini akan digunakan oleh SPICE system

untuk menentukan besarnya intensitas cahaya yang dipasangkan pada parameter sumber cahaya tambahannya. Kemudian komputer akan melakukan perhitungan lebih lanjut guna menambahkan sumber cahaya beserta dengan pengaturannya ke dalam *scene*.



Gambar 3.7 Arsitektur sistem.

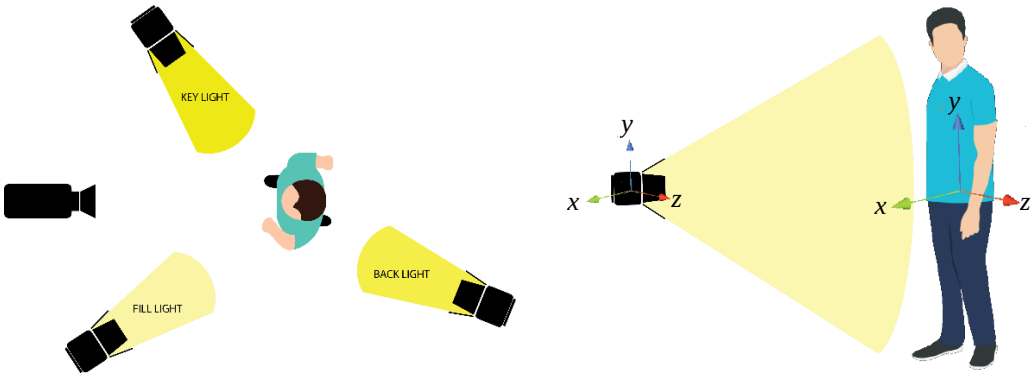
Tabel 3.1 Anggota setiap parameter yang berpengaruh.

Parameter	**Anggota**
situation	very quite (VQ), quite (Q), neutral (N), crowded (C), very crowded (VC)
pov	bird view (BV), high angle (HA), eye level (EY), low angle (LA), worm view (WV)
intensity	very dark (VD), dark (D), neutral (N), bright (B), very bright (VB)
camera	extreme long shot (EL), long shot (L), medium long shot (ML), medium shot (M), close-up (C), big close-up (BC), extreme close-up (EC)
emotion	very sad/angry (VS), sad/angry (S), neutral (N), happy/calm (H), very happy/calm (VH)

Penempatan sumber cahaya tambahan ke dalam scene mengikuti konsep *three points light*. Gambar 3.8 merupakan area penempatan sumber cahaya terhadap obyek yang diberi tambahan sinar. Sesuai dengan konsep *three points light* maka sumber cahaya tambahan akan diletakkan di bagian depan, kanan depan dan belakang obyek. Untuk pusat ketinggian sumber cahaya ini disamakan dengan pusat obyek yang diberi sinar tambahan agar bisa persis berada di tengah obyek.

Berdasarkan hasil wawancara dengan beberapa fotografer dan desainer animasi dihasilkan Tabel 3.2 mengenai intensitas cahaya yang diinginkan untuk

masing-masing situasi yang sering terjadi. Dari hasil wawancara didapat bahwa ada banyak kesamaan pendapat terhadap beberapa situasi. Hal ini dikarenakan perubahan kecil pada rancangan tidak mempengaruhi pencahayaan secara signifikan.



(a) (b)

Gambar 3.8 Posisi penempatan sumber cahaya tambahan terhadap obyek yang disinari: (a) tampak atas; (b) tampak samping.

Berdasarkan Tabel 3.2 dapat ditentukan bahwa aturan umum besarnya intensitas cahaya yang berada di permukaan obyek yang disinari sebagai berikut:

1. Jika situasi set adalah sangat sepi atau sepi dan PoV adalah *high angle* atau *eye level* atau *low angle* dan intensitas set adalah sangat gelap atau gelap dan posisi kamera adalah *extreme long shot* atau *long shot* dan emosi karakter adalah sangat sedih/marah atau sedih/marah maka intensitas cahaya adalah gelap dan *spot angle* adalah sangat sempit.
2. Jika situasi set adalah sangat sepi atau sepi dan PoV adalah *bird view* atau *high angle* atau *eye level* atau *low angle* atau *worm view* dan intensitas set adalah gelap atau normal atau terang dan posisi kamera adalah *medium long shot* atau *medium shot* dan emosi karakter adalah normal maka intensitas cahaya adalah normal dan *spot angle* adalah normal.

Tabel 3.2 Contoh penentuan intensitas cahaya tambahan

Kondisi Scene					Needed Intensity	Spot Angle
Situation	**PoV**	**Intensity**	**Camera**	**Emotion**		
VQ, Q	HA, EY, LA	VD, D	EL, L	VS, S	dark	very narrow
VQ, Q	BV, HA, EY, LA, WV	D, N, B	ML, M	N	neutral	neutral
VQ, Q	BV, HA, EY, LA, WV	VD, D	L, ML, M	S, N, H	dark	neutral
VQ, Q	BV, HA, EY, LA, WV	VD, D	EL, L, ML, M, C, BC, EC	N, H, VH	neutral	neutral
N	HA, EY, LA	N	M, C	N	neutral	narrow
VQ, Q	EY	D, N	ML, M, C	S, N, H	bright	narrow
N, C, VC	HA, EY, LA	N, B, VB	EL, L, ML, M, C, BC, EC	N, H, VH	bright	very wide
VQ, Q	EY	VD, D, N	BC, EC	VS, S	very bright	very narrow
VQ, Q	EY	VD, D, N	C, BC, EC	N, H, VH	very bright	neutral
VQ, Q, N	HA, EY, LA	N, B, VB	ML, M, C	N, H, VH	very bright	wide
C, VC	EY	D, N	M, C	VS, S	neutral	narrow
N	HA, EY, LA	N	L, ML, M, C	S, N, H, VH	neutral	wide
VQ, Q, N	BV, HA, EY, LA, WV	N, B, VB	EL, L, ML, M, C, BC, EC	VS, S, N, H, VH	bright	wide
N, C, VC	BV, HA, EY, LA	N, B, VB	EL, L, ML, M, C, BC, EC	S, N, H, VH	very bright	very wide
N	BV, HA, EY, LA, WV	VD, D	ML, M	S, N, H	dark	wide

3. Jika situasi set adalah sangat sepi atau sepi dan PoV adalah *bird view* atau *high angle* atau *eye level* atau *low angle* atau *worm view* dan intensitas set adalah sangat gelap atau gelap dan posisi kamera adalah *long shot* atau *medium long shot* atau *medium shot* dan emosi karakter adalah sedih/marah atau normal atau

senang/tenang maka intensitas cahaya adalah gelap dan *spot angle* adalah normal.

4. Jika situasi set adalah sangat sepi atau sepi dan PoV adalah *bird view* atau *high angle* atau *eye level* atau *low angle* atau *worm view* dan intensitas set adalah sangat gelap atau gelap dan posisi kamera adalah *extreme long shot* atau *long shot* atau *medium long shot* atau *medium shot* atau *close-up* atau *big close-up* atau *extreme close-up* dan emosi karakter adalah normal atau senang atau sangat senang maka intensitas cahaya adalah normal dan *spot angle* adalah normal.
5. Jika situasi set adalah normal dan PoV adalah *high angle* atau *eye level* atau *low angle* dan intensitas set adalah normal dan posisi kamera adalah *medium shot* atau *close-up* dan emosi karakter adalah normal maka intensitas cahaya adalah normal dan *spot angle* adalah sempit.
6. Jika situasi set adalah sangat sepi atau sepi dan PoV adalah *eye level* dan intensitas set adalah gelap atau normal dan posisi kamera adalah me*dium long shot* atau *medium shot* atau *close-up* dan emosi karakter adalah sedih atau normal atau senang maka intensitas cahaya adalah terang dan *spot angle* adalah sempit.
7. Jika situasi set adalah normal atau ramai atau sangat ramai dan PoV adalah *high angle* atau *eye level* atau *low angle* dan intensitas set adalah normal atau terang atau sangat terang dan posisi kamera adalah *extreme long shot* atau *long shot atau* medium *long shot* atau *medium shot* atau *close-up* atau *big close-up* atau *extreme close-up* dan emosi karakter adalah normal atau senang atau sangat senang maka intensitas cahaya adalah terang dan *spot angle* adalah sangat luas.
8. Jika situasi set adalah sangat sepi atau sepi dan PoV adalah *eye level* dan intensitas set adalah sangat gelap atau gelap atau normal dan posisi kamera adalah *big close-up* atau *extreme close-up* dan emosi karakter adalah sangat sedih/marah atau sedih/marah maka intensitas cahaya adalah sangat terang dan *spot angle* adalah sangat sempit.
9. Jika situasi set adalah sangat sepi atau sepi dan PoV adalah *eye level* dan intensitas set adalah sangat gelap atau gelap atau normal dan posisi kamera

adalah *close-up* atau *big close-up* atau *extreme close-up* dan emosi karakter adalah normal atau senang atau sangat senang maka intensitas cahaya adalah sangat terang dan *spot angle* adalah normal.

10. Jika situasi set adalah sangat sepi atau sepi atau normal dan PoV adalah *high angle* atau *eye level* atau *low angle* dan intensitas set adalah normal atau terang atau sangat terang dan posisi kamera adalah *medium long shot* atau *medium shot* atau *close-up* dan emosi karakter adalah normal atau senang atau sangat senang maka intensitas cahaya adalah sangat terang dan *spot angle* adalah luas.
11. Jika situasi set adalah ramai atau sangat ramai dan PoV adalah *eye level* dan intensitas set adalah gelap atau normal dan posisi kamera adalah *medium shot* atau *close-up* dan emosi karakter adalah sangat sedih/marah atau sedih/marah maka intensitas cahaya adalah normal dan *spot angle* adalah sempit.
12. Jika situasi set adalah normal dan PoV adalah *high angle* atau *eye level* atau *low angle* dan intensitas set adalah normal dan posisi kamera adalah *long shot* atau *medium long shot* atau *medium shot* atau *close-up* dan emosi karakter adalah sedih/marah atau normal atau senang atau sangat senang maka intensitas cahaya adalah normal dan *spot angle* adalah luas.
13. Jika situasi set adalah sangat sepi atau sepi atau normal dan PoV adalah *bird view* atau *high angle* atau *eye level* atau *low angle* atau *worm view* dan intensitas set adalah normal atau terang atau sangat terang dan posisi kamera adalah *extreme long shot* atau *long shot* atau *medium long shot* atau *medium shot* atau *close-up* atau *big close-up* atau *extreme close-up* dan emosi karakter adalah sangat sedih/marah atau sedih/marah atau normal atau senang atau sangat senang maka intensitas cahaya adalah terang dan *spot angle* adalah luas.
14. Jika situasi set adalah normal atau ramai atau sangat ramai dan PoV adalah *bird view* atau *high angle* atau *eye level* atau *low angle* dan intensitas set adalah normal atau terang atau sangat terang dan posisi kamera adalah *extreme long shot* atau *long shot* atau *medium long shot* atau *medium shot* atau *close-up* atau *big close-up* atau *extreme close-up* dan emosi karakter adalah sedih atau normal atau senang atau sangat senang maka intensitas cahaya adalah sangat terang dan *spot angle* adalah sangat luas.

15. Jika situasi set adalah normal dan PoV adalah *bird view* atau *high angle* atau *eye level* atau *low angle* atau *worm view* dan intensitas set adalah sangat gelap atau gelap dan posisi kamera adalah *medium long shot* atau *medium shot* dan emosi karakter adalah sedih/marah atau normal atau senang maka intensitas cahaya adalah gelap dan *spot angle* adalah luas.

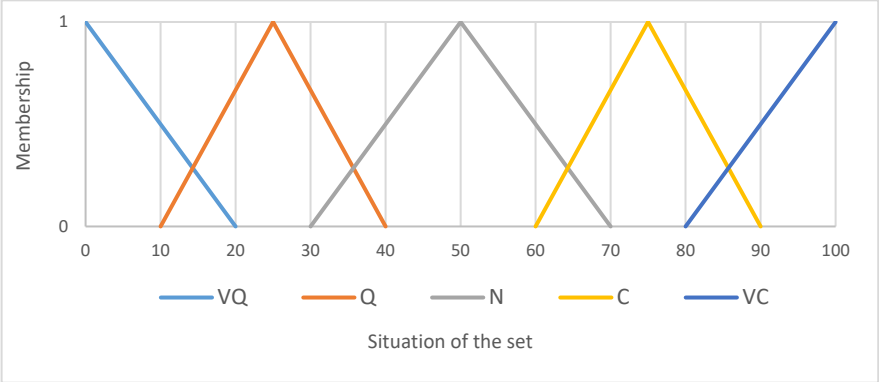
3.5 Rancangan Logika Fuzzy

Hingga saat ini penggunaan logika fuzzy telah banyak digunakan terutama dalam penelitian di bidang otomasi seperti pada industri manufaktur. Penelitian ini juga menggunakan logika fuzzy untuk menentukan besarnya intensitas cahaya tambahan yang akan ditanamkan ke dalam scene. Beberapa penelitian menggunakan metode semacam behavior tree bahkan machine learning, tetapi pada penelitian ini menggunakan pendekatan logika fuzzy karena adanya persamaan antara bahasa yang digunakan di sinematografi dengan logika fuzzy. Agar dapat mencerminkan keadaan yang sesuai dengan kehidupan sebenarnya maka penelitian ini menggunakan metode Mamdani.

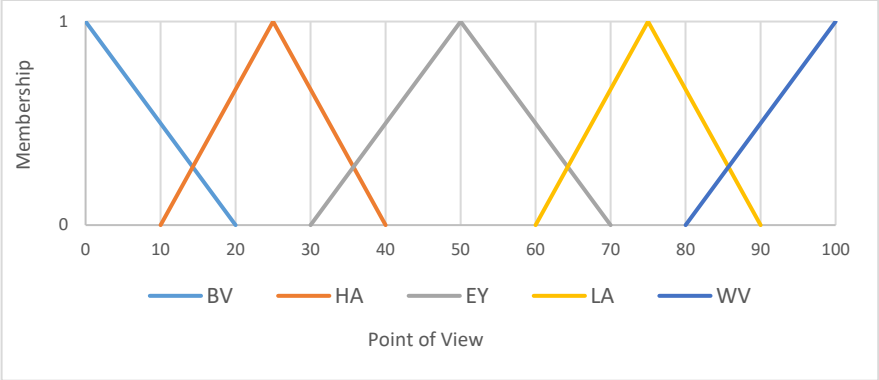
Seperti yang tampak pada Gambar 3.5 terdapat lima parameter input ke dalam sistem fuzzy yang nantinya akan menghasilkan dua variabel output. Pada tahap awal penelitian ini dirancang sebuah sistem dengan pendekatan logika fuzzy untuk mencoba apakah logika fuzzy dapat digunakan untuk menentukan intensitas cahaya sesuai dengan yang diharapkan.

3.5.1 Input Fuzzy

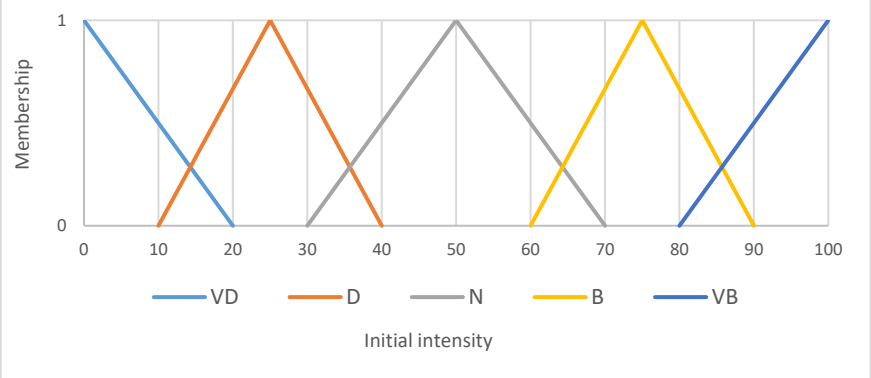
Yang menjadi input bagi sistem fuzzy ini adalah parameter dari kondisi *scene* yang meliputi:



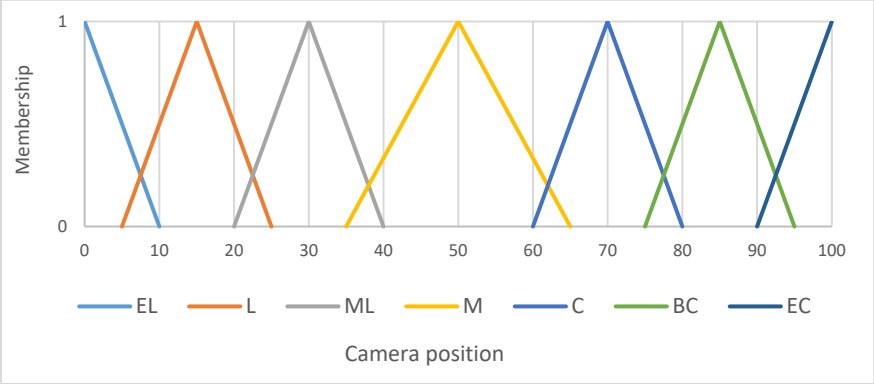
Gambar 3.9 Fungsi keanggotaan *situation*



Gambar 3.10 Fungsi keanggotaan *Point-of-View*



Gambar 3.11 Fungsi keanggotaan *intensity*



Gambar 3.12 Fungsi keanggotaan *camera*

Gambar 3.13 Fungsi keanggotaan *emotion*

1. *Situation*

   Situation adalah gambaran keadaan *set* dari sebuah *scene*. Keadaan suatu set lebih ditandai dengan banyak sedikitnya karakter yang ada di dalamnya. Jika terdapat banyak karakter maka dikatakan *set* tersebut ramai, sebaliknya jika sedikit dikatakan sepi. Dari Gambar 3.9 terlihat bahwa situasi dari suatu *set* yang diwakili dengan variabel situation dibagi menjadi lima anggota yaitu sangat sepi, sepi, normal, ramai dan sangat ramai.

2. *Point-of-View*

   Point-of-View (*PoV*) adalah posisi penempatan kamera secara vertikal. Gambar 3.10 menunjukkan fungsi keanggotaan dari variable PoV dimana terdapat lima anggota yaitu *bird view*, *high angle view*, *eye level view*, *low angle view* dan *worm view*.

Tabel 3.3 Fungsi keanggotaan input fuzzy

Variabel Input	Fungsi Keanggotaan			
	Range	**MF**	**Tipe**	**Control**
situation	0..100	Sangat sepi	Segitiga	[0, 0, 20]
		Sepi	Segitiga	[10, 25, 40]
		Normal	Segitiga	[30, 50, 70]
		Ramai	Segitiga	[60, 75, 90]
		Sangat ramai	Segitiga	[80, 100, 100]
pov	0..100	Bird view	Segitiga	[0, 0, 20]
		High angle view	Segitiga	[10, 25, 40]
		Eye level view	Segitiga	[30, 50, 70]
		Low angle view	Segitiga	[60, 75, 90]
		Worm view	Segitiga	[80, 100, 100]
intensity	0..100	Sangat gelap	Segitiga	[0, 0, 20]
		Gelap	Segitiga	[10, 25, 40]
		Normal	Segitiga	[30, 50, 70]
		Terang	Segitiga	[60, 75, 90]
		Sangat terang	Segitiga	[80, 100, 100]
camera	0..100	Extreme long shot	Segitiga	[0, 0, 10]
		Long shot	Segitiga	[5, 15, 25]
		Medium long shot	Segitiga	[20, 30, 40]
		Medium shot	Segitiga	[35, 50, 65]
		Close-up	Segitiga	[60, 70, 80]
		Big close-up	Segitiga	[75, 80, 95]
		Extreme close-up	Segitiga	[90, 100, 100]
emotion	0..100	Sangat sedih/marah	Segitiga	[0, 0, 20]
		Sedih/marah	Segitiga	[10, 25, 40]
		Normal	Segitiga	[30, 50, 70]
		Senang/tenang	Segitiga	[60, 75, 90]
		Sangat senang/tenang	Segitiga	[80, 100, 100]

3. *Intensity*

   Yang dimaksud dengan *intensity* di sini adalah intensitas atau tingkat kecerahan suasana berdasarkan sumber cahaya yang terpasang pada *scene* (*attached light sources*). *Intensity* ini biasanya berhubungan dengan suasana pada alur ceritanya. Pada Gambar 3.11 terlihat bahwa intensitas dari set terbagi dalam lime kelas yaitu sangat gelap, gelap, normal, terang dan sangat terang.

4. *Camera*

   Camera merupakan parameter untuk menunjukkan posisi kamera yang aktif saat itu. Gambar 3.12 menunjukkan tujuh kelas posisi kamera berdasarkan

teknik yang ada di sinematografi, yaitu *extreme long shot*, *long shot*, *medium long shot*, *medium shot*, *close-up*, *big close-up* dan *extreme close-up*.

5. *Emotion*

   Emotion adalah parameter yang menggambarkan tingkat emosi dari karakternya. Gambar 3.13 menunjukkan adanya lime kelas pembagian emosi karakter yaitu sangat sedih, sedih, normal, gembira dan sangat gembira. Untuk kondisi sangat marah memiliki keanggotaan yang sama dengan sangat sedih sedangkan kondisi marah sama dengan sedih.

Tabel 3.3 merupakan tabel fungsi kenaggotaan input fuzzy dimana terdapat lima buah variable input yang berupa bilangan tegas. Nilai ini didapat dari scene film tiga dimensi yang dirancang untuk penelitian ini. Untuk memudahkan penggambaran kelas keanggotaan ini dapat dilihat pada Tabel 3.3 dimana semua variabel tersebut digambarkan dalam jangkauan antara 0 dan 100 yang menyatakan angka dalam persen.

3.5.2 Output Fuzzy

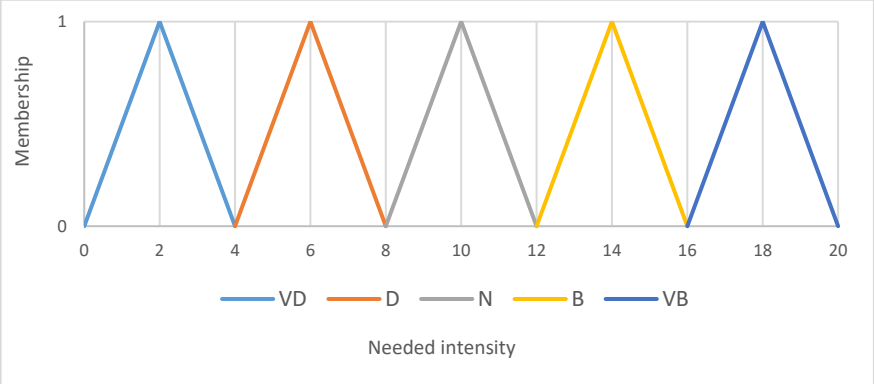
Sistem fuzzy ini menghasilkan dua keluaran (*output*) yang merupakan parameter dari sumber cahaya tambahan yang meliputi:

1. *Intensity*

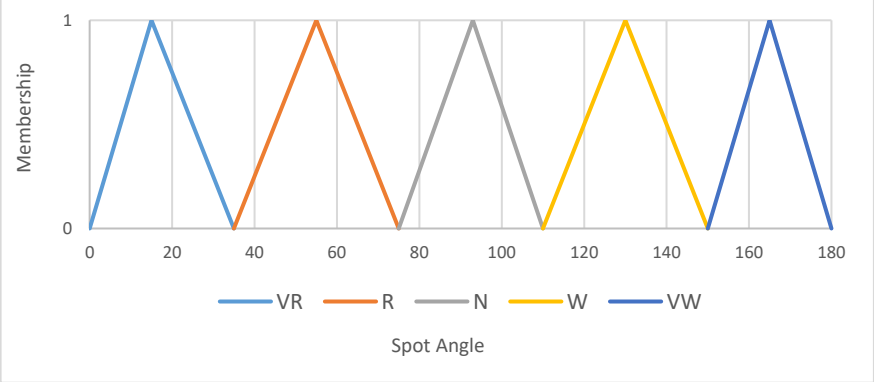
   Yang dimaksud dengan *intensity* disini adalah besarnya intensitas cahaya yang diterima pada permukaan obyek yang disinari. Nilai intensitas ini sangat berhubungan dengan nilai intensitas yang keluar dari sumber cahayanya. Nilai intensitas ini tidak bisa langsung diambil karena ada jarak antara posisi sumber cahaya tambahan dan obyek yang disinari. *Intensity* ini terbagi atas lima kelas yaitu sangat gelap, gelap, normal, terang dan sangat terang dan bernilai antara 0 hingga 20. Gambar 3.14 menunjukkan fungsi keanggotaan untuk *intensity*.

2. *Spot angle*

   Spot angle merupakan luasan daerah pencahayaan pada lingkungan virtual. Spot angle ini memiliki kisaran nilai 0 hingga 180 yang sesuai dengan ukuran karakter yang dibuat untuk penelitian ini. Fungsi keanggotaan dari variabel *spot angle* ini terbagi menjadi lima kelas yaitu sangat sempit, sempit, normal, luas, sangat luas seperti yang tampak pada Gambar 3.15.



Gambar 3.14 Fungsi keanggotaan *intensity*



Gambar 3.15 Fungsi keanggotaan *spot angle*

Tabel 3.4 Fungsi keanggotaan output fuzzy

Variabel Output	**Fungsi Keanggotaan**			
	Range	**MF**	**Tipe**	**Control**
needed_intensity	0..20	Sangat gelap	Segitiga	[0, 2, 4]
		Gelap	Segitiga	[4, 6, 8]
		Normal	Segitiga	[8, 10, 12]
		Terang	Segitiga	[12, 14, 16]
		Sangat terang	Segitiga	[16, 18, 20]
spot_angle	0..180	Sangat sempit	Segitiga	[0, 15, 35]
		Sempit	Segitiga	[35, 55, 75]
		Normal	Segitiga	[75, 93, 110]
		Luas	Segitiga	[110, 130, 150]
		Sangat luas	Segitiga	[150, 165, 180]

Untuk lebih jelasnya fungsi keanggotaan dari output fuzzy ini bisa dilihat pada Tabel 3.4 dimana terdapat dua variabel output yang merupakan parameter dari

sumber cahaya yang ditambahkan ke dalam scene. Fungsi keanggotaannya juga dirancang sama dengan inputnya yaitu menggunakan fungsi segitiga.

3.5.3 Rule Fuzzy

Berdasarkan aturan umum yang ada pada Tabel 3.2 maka dirancanglah aturan IF-THEN untuk fungsi fuzzy inference system sebagai berikut:

1. IF situation is sangat sepi AND pov is high angle AND intensity is sangat gelap AND camera is extreme long shot AND emotion is sangat sedih/marah THEN needed intensity is gelap AND spot angle is sempit.
2. IF situation is sangat sepi AND pov is bird view AND intensity is gelap AND camera is medium long shot AND emotion is normal THEN needed intensity is normal AND spot angle is normal.
3. IF situation is sangat sepi AND pov is bird view AND intensity is sangat gelap AND camera is long shot AND emotion is sangat sedih/marah THEN needed intensity is gelap AND spot angle is normal.
4. IF situation is sangat sepi AND pov is bird view AND intensity is sangat gelap AND camera is extreme long shot AND emotion is normal THEN needed intensity is normal AND spot angle is normal.
5. IF situation is normal AND pov is high angle AND intensity is normal AND camera is medium shot AND emotion is normal THEN needed intensity is normal AND spot angle is sempit.
6. IF situation is sangat sepi AND pov is eye level AND intensity is gelap AND camera is medium long shot AND emotion is sedih/marah THEN needed intensity is terang AND spot angle is sempit.
7. IF situation is normal AND pov is high angle AND intensity is normal AND camera is extreme long shot AND emotion is normal THEN needed intensity is terang AND spot angle is sangat luas.
8. IF situation is sangat sepi AND pov is eye level AND intensity is sangat gelap AND camera is big close-up AND emotion is sangat sedih/marah THEN needed intensity is sangat terang AND spot angle is sangat sempit.

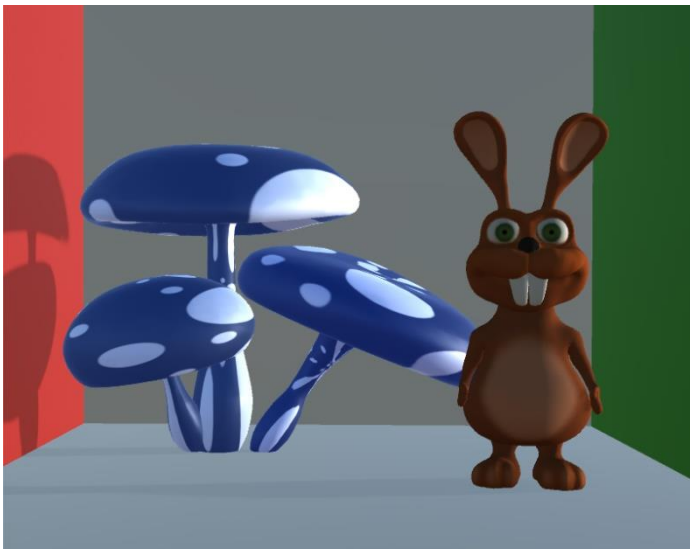
9. IF situation is sangat sepi AND pov is eye level AND intensity is sangat gelap AND camera is close-up AND emotion is normal THEN needed intensity is sangat terang AND spot angle is normal.
10. IF situation is sangat sepi AND pov is high angle AND intensity is normal AND camera is medium long shot AND emotion is normal THEN needed intensity is sangat terang AND spot angle is sempit.
11. IF situation is ramai AND pov is eye level AND intensity is gelap AND camera is medium shot AND emotion is sangat sedih/marah THEN needed intensity is normal AND spot angle is sempit.
12. IF situation is normal AND pov is high angle AND intensity is normal AND camera is long shot AND emotion is sedih/marah THEN needed intensity is normal AND spot angle is luas.
13. IF situation is sangat sepi AND pov is high angle AND intensity is sangat gelap AND camera is extreme long shot AND emotion is very sad THEN needed intensity is gelap AND spot angle is sempit.
14. IF situation is normal AND pov is bird view AND intensity is normal AND camera is extreme long shot AND emotion is sedih/marah THEN needed intensity is sangat terang AND spot angle is sangat luas.
15. IF situation is normal AND pov is bird view AND intensity is sangat gelap AND camera is medium long shot AND emotion is sedih/marah THEN needed intensity is gelap AND spot angle is luas.

Dari aturan di atas masih akan ditambah lagi dengan aturan-aturan yang memiliki input berbeda tetapi memiliki output yang sama seperti misalnya IF situation is sepi AND pov is eye level AND intensity is gelap AND camera is long shot AND emotion is sangat sedih/marah THEN needed intensity is gelap AND spot angle is sangat sempit. Total keseluruhan rule adalah 4.375 buah.

3.5.4 Intensitas Cahaya Tambahan

Sebuah *scene* dengan situasi tertentu yang dinyatakan dalam parameter *situation=15, pov=50, intensity=15, camera=50* dan *emotion=50*. Arti dari parameter input ini adalah situasi pada set adalah sangat sepi, *Point-of-View* dari kamera aktif adalah *eye level view*, intensitas cahaya yang terpasang adalah gelap,

kamera aktif berada pada posisi *medium shot* dan karakternya memiliki emosi normal. Kondisi *scene* ini bisa digambarkan seperti pada Gambar 3.16.



Gambar 3.16 Kondisi *scene* awal

Gambar 3.17 dan Gambar 3.18 menunjukkan langkah yang diaplikasikan ke dalam FIS yang dirancang. Terdapat lima buah parameter input yaitu *situation=15*, *pov=50*, *intensity=15*, *camera=50* dan *emotion=50*. Dari daftar rule yang ada pada FIS, terdapat empat rule yang sesuai. Adapun rule tersebut adalah:

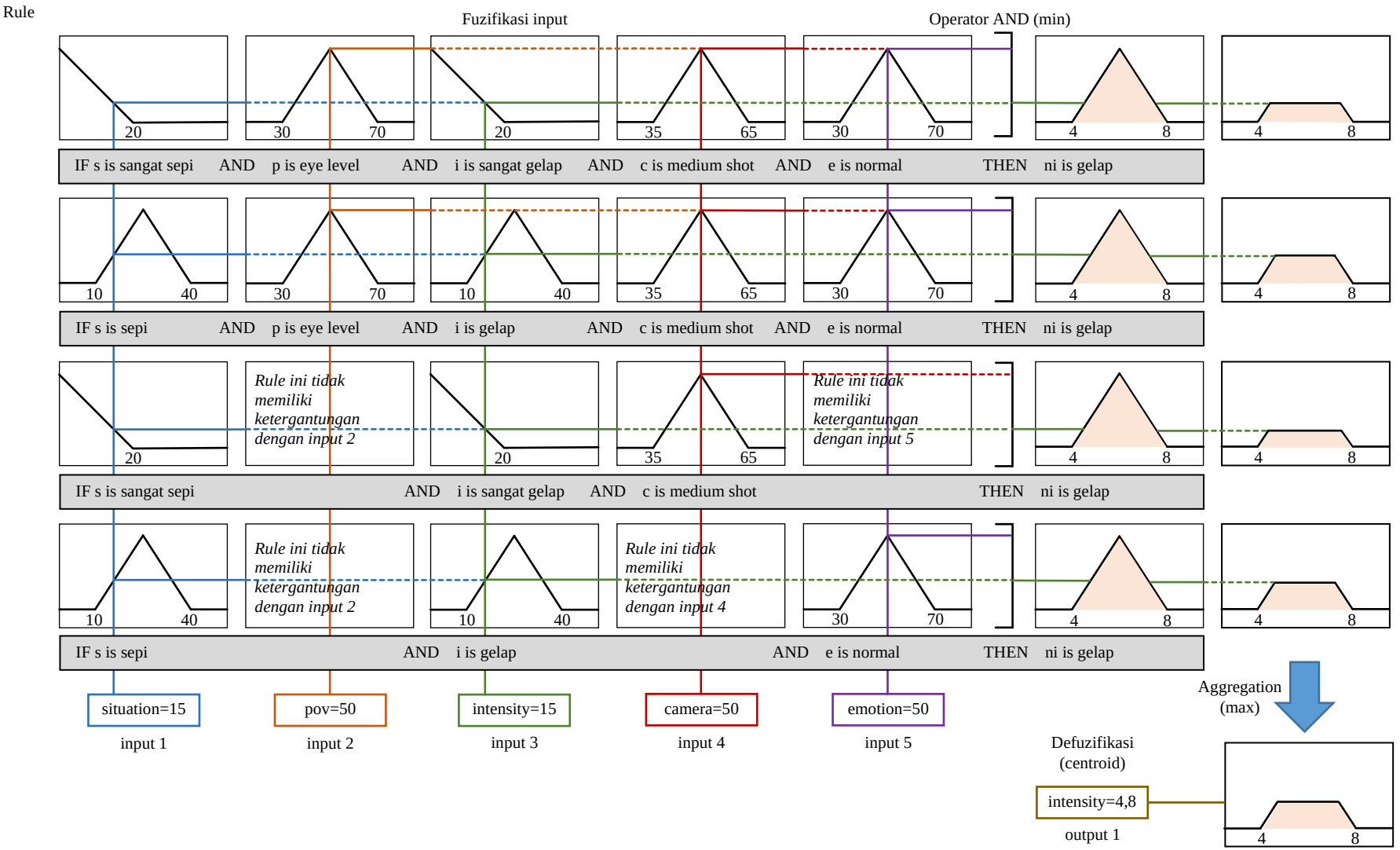
1. IF situation is sangat sepi AND pov is eye level AND intensity is sangat gelap AND camera is medium shot AND emotion is normal THEN needed intensity is gelap AND spot angle is normal.
2. IF situation is sepi AND pov is eye level AND intensity is gelap AND camera is medium shot AND emotion is normal THEN needed intensity is gelap AND spot angle is normal.
3. IF situation is sangat sepi AND intensity is sangat gelap AND camera is medium shot THEN needed intensity is gelap AND spot angle is normal.
4. IF situation is sepi AND intensity is gelap AND emotion is normal THEN needed intensity is gelap AND spot angle is normal.

Gambar 3.17 menunjukkan proses *fuzzy inference* untuk output 1 yaitu *needed intensity*, sedangkan Gambar 3.18 menunjukkan *fuzzy inference* untuk

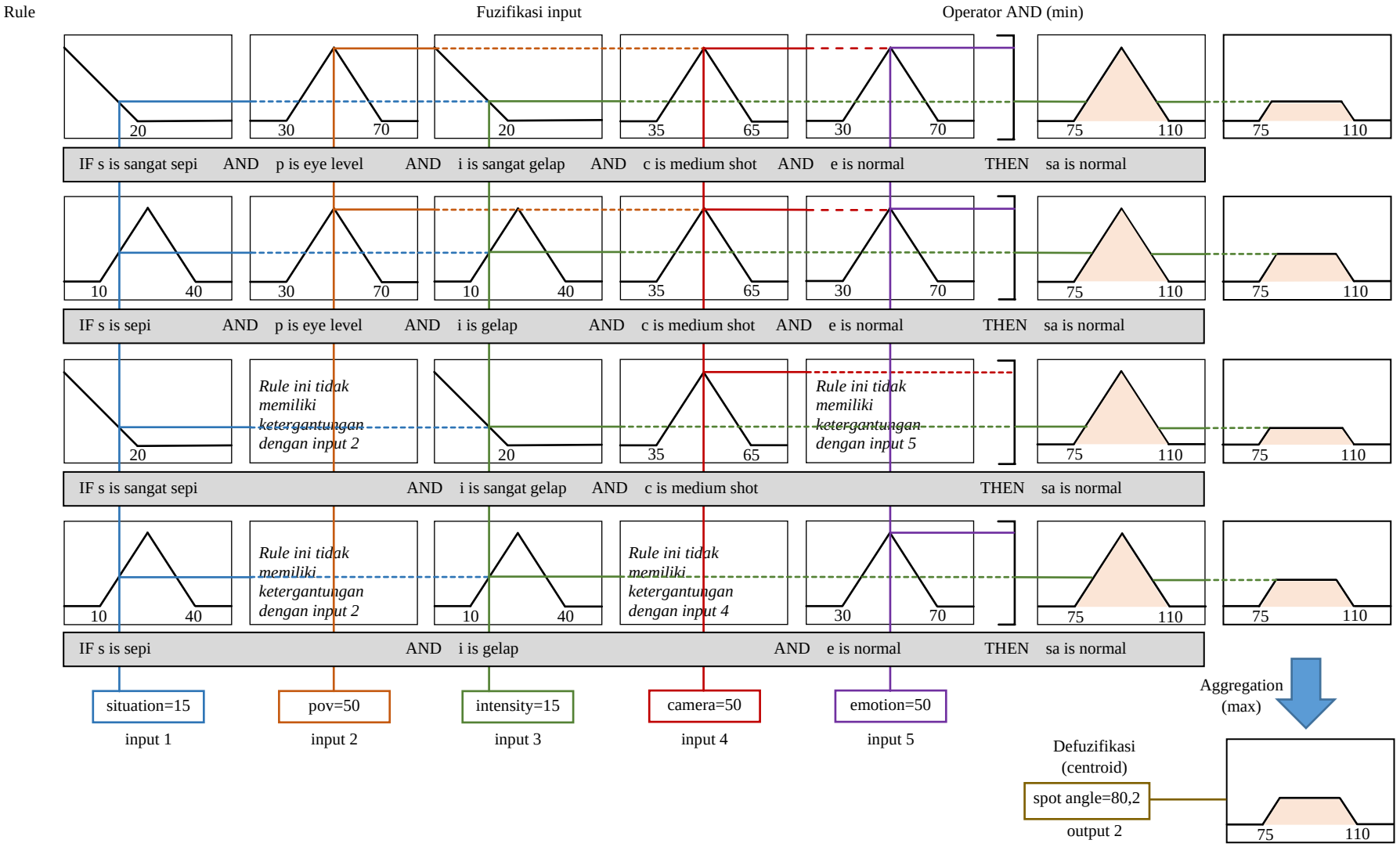
output 2 yaitu *spot angle*.

Tahap pertama yang dilakukan adalah fuzifikasi input. Pada *rule* pertama didapat derajat keanggotaan untuk *situation* adalah 0,25, *pov* adalah 1, *intensity* adalah 0,25, *camera* adalah 1 dan *emotion* adalah 1. Pada rule kedua didapat derajat keanggotaan untuk *situation* adalah 0,33, *pov* adalah 1, *intensity* adalah 0,33, *camera* adalah 1 dan *emotion* adalah 1. Untuk rule ketiga didapat derajat keanggotaan untuk *situation* adalah 0,25, *intensity* adalah 0,25 dan *camera* adalah 1. Sedangkan untuk rule keempat didapat derajat keanggotaan untuk *situation* adalah 0,33, *intensity* adalah 0,33 dan *emotion* adalah 1. Karena keempat *rule* tersebut menggunakan operator AND dimana *conjunction*-nya menggunakan operator *min*, maka didapat nilai untuk *rule* pertama adalah 0,25, *rule* kedua adalah 0,33, *rule* ketiga adalah 0,25 dan *rule* keempat adalah 0,33.

Pada Gambar 3.17 bisa dilihat bahwa nilai *rule* pertama adalah 0,25 maka output fuzzy *needed intensity is dark* adalah 4,5. Untuk *rule* kedua dengan nilai 0,33 akan menghasilkan output fuzzy *needed intensity is dark* adalah 4,66. Untuk *rule* ketiga dengan nilai 0,25 akan menghasilkan output fuzzy *needed intensity is dark* adalah 4,5. Sedangkan untuk *rule* keempat dengan nilai 0,33 akan menghasilkan output fuzzy *needed intensity is dark* adalah 4,66. Dari semua output tersebut dilakukan *aggregation* dengan menggunakan fungsi *max* yang berarti semua area digabungkan. Langkah terakhir adalah defusifikasi dengan menggunakan metode centroid dan didapat nilai centroid dari *needed intensity* adalah 4,8, sedangkan untuk *spot angle* bernilai 80,2.



Gambar 3.17 Fuzzy inference system untuk output 1



Gambar 3.17 Fuzzy inference system untuk output 2

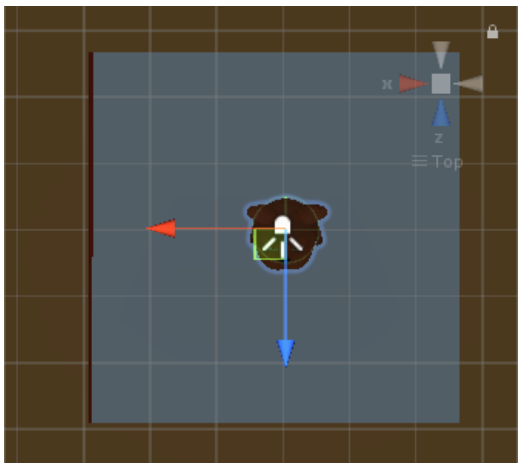
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 4
PENENTUAN POSISI DAN ARAH SUMBER CAHAYA TAMBAHAN

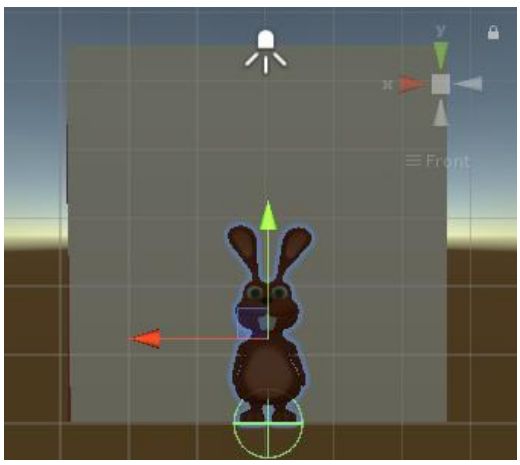
Proses selanjutnya adalah penentuan posisi untuk penempatan sumber cahaya tambahan beserta arahnya. Keempat parameter ini, yaitu intensitas yang dibutuhkan, luasan *spot angle*, posisi penempatan dan arah akan diterapkan pada sumber cahaya yang ditambahkan ke dalam *scene*. Pada penelitian ini digunakan model karakter yang bernama Mr. Rabbit yang bisa diunduh secara gratis di *asset store* aplikasi Unity.

4.1 Intensitas Sumber Cahaya Tambahan

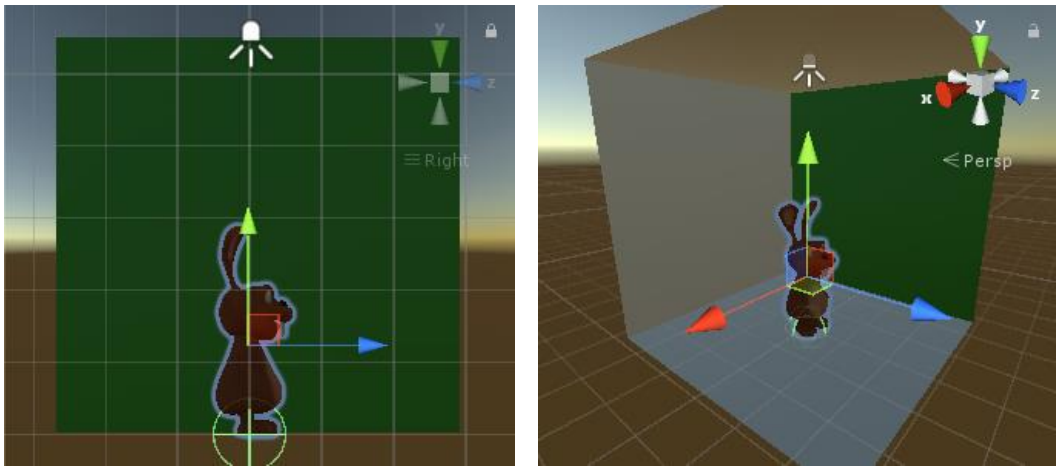
Pada penelitian ini dicoba digunakan *scene* yang berisi model karakter char_rabbit dengan satu sumber cahaya terpasang yang berada di posisi tengah atas sebagai lampu yang terpasang pada langit-langit ruangan. Sumber cahaya ini berjenis *spotlight* dengan besarnya intensitas bernilai 1. Ruangan yang digunakan menggunakan Cornell Box yang bisa diunduh secara gratis dari *asset store* pada aplikasi Unity. Gambar 4.1 menunjukkan kondisi awal *scene* sebelum ditambahkan sumber cahaya lainnya pada mode desain, sedangkan Gambar 4.2 pada mode run.



(a)

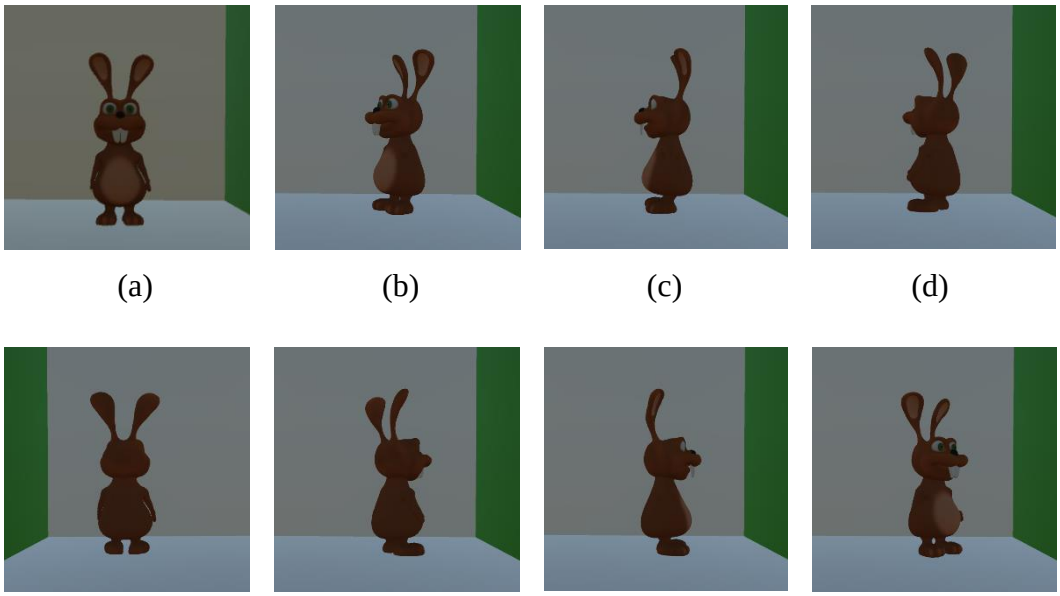


(b)



(c) (d)

Gambar 4.1 Kondisi *scene* awal pada mode desain: (a) tampak atas; (b) tampak depan; (c) tampak samping; (d) penampakan 3D.



(a) (b) (c) (d)

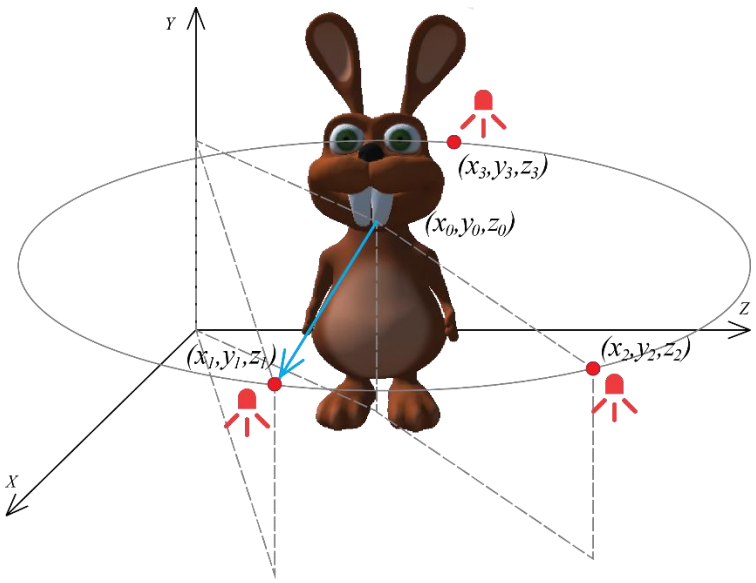
(e) (f) (g) (h)

Gambar 4.2 Kondisi *scene* awal pada mode run dengan perputaran: (a) 0°; (b) 45°; (c) 90°; (d) 135°; (e) 180°; (f) 225°; (g) 270°; (h) 315°.

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa *needed intensity* adalah intensitas cahaya yang berada di permukaan obyek yang disinari. Karena terdapat jarak antara obyek yang disinari dengan sumber cahayanya, maka diperlukan

perhitungan lebih lanjut untuk menentukan posisi sumber cahaya tambahan tersebut beserta arah dan intensitasnya.

Pada Bab 3 telah dibahas bahwa untuk *scene* pada Gambar 3.16 diperlukan intensitas cahaya sebesar 4,8, tetapi perlu diingat bahwa ini adalah nilai yang berada di permukaan obyek yang disinari. Untuk mengetahui posisi dari sumber cahaya tambahannya bisa digunakan aturan vektor. Gambar 4.3 menunjukkan posisi obyek yang disinari dan posisi sumber cahaya tambahannya.



Gambar 4.3 Contoh posisi penempatan sumber cahaya tambahan

Penelitian ini menggunakan besaran yang tetap dalam menentukan jarak pencahayaannya, dalam hal ini digunakan nilai 2 karena melalui uji coba didapati bahwa jarak ini tidak terlalu jauh dari obyek sehingga tidak diperlukan intensitas yang keluar dari sumber cahya yang terlalu tinggi dan juga tidak terlalu dekat untuk keperluan pembukaan *spot angle*.

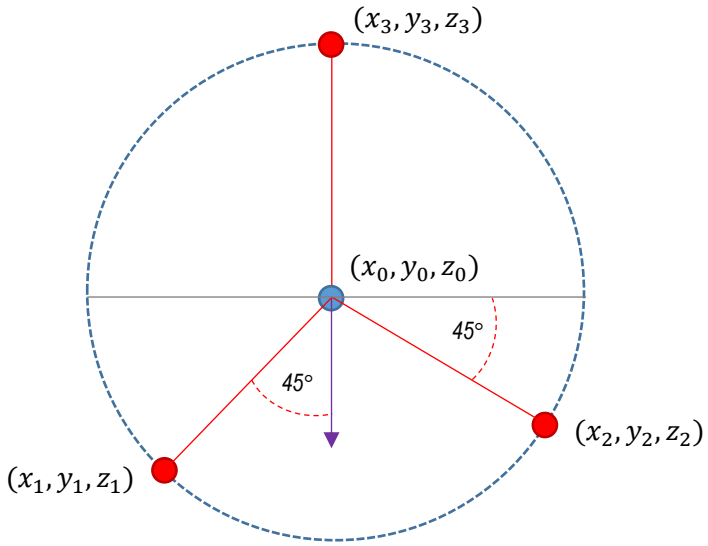
Karena besarnya intensitas cahaya pada koordinat (x_0,y_0,z_0) adalah 4,8 maka dengan menggunakan rumus pernyebaran cahaya pada ruang didapat nilai intensitas cahaya pada koordinat sumber adalah dua kali intensitas pada permukaan obyek tersebut yaitu 9,6. Tetapi karena terdapat dua sumber cahaya yang berada di sisi depan obyek, maka besarnya intensitas cahaya yang keluar dari masing-masing sumber cahya tambahan yang berada di depan dan samping obyek menjadi

setengahnya, yaitu 4,8. Sumber cahaya yang berada di bagian belakang obyek disamakan nilai besaran intensitasnya karena cahaya yang berasal dari sumber cahaya ini tidak terlalu signifikan terlihat.

4.2 Posisi Sumber Cahaya Tambahan

Penelitian ini menggunakan pendekatan vektor ruang dalam meletakkan sumber cahaya tambahan ke dalam *scene*. Setiap obyek akan diberi tiga buah sumber cahaya tambahan sesuai dengan metode *three lights point* yang dikemukakan oleh Brown (2012) dan Kanematsu (2017). Satu sumber cahaya tambahan akan diletakkan pada sekitar 45° di depan depan obyek, satu sumber cahaya pada sekitar 45° di samping obyek dan satu sumber cahaya yang berada persis di belakang obyek. Gambar 4.4 menggambarkan perkiraan posisi sumber cahaya tambahan tersebut jika dilihat dari atas (*bird view*).

Diketahui bahwa posisi obyek Mr. Rabbit (char_rabbit) seperti yang tampak pada Gambar 3.16 berada pada koordinat *(-3, 0, 0)* dengan rotasi *(0, 0, 0)*. Titik koordinat ini pada Gambar 4.4 diberi notasi *(x_0, y_0, z_0)*. Koordinat *(x_1, y_1, z_1)* merupakan koordinat untuk posisi sumber cahaya yang berada di depan obyek, koordinat *(x_2, y_2, z_2)* untuk posisi sumber cahaya yang berada di samping obyek, sedangkan *(x_3, y_3, z_3)* untuk posisi sumber cahaya yang berada di belakang obyek.



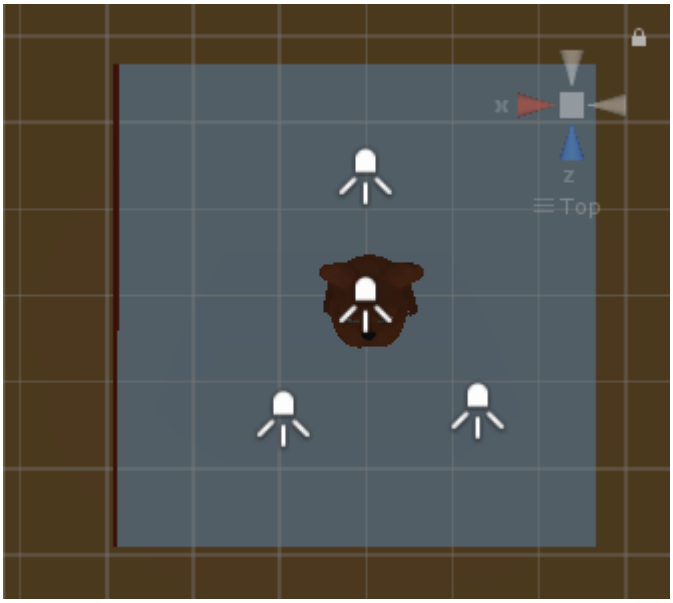
Gambar 4.4 Posisi sumber cahaya tambahan secara *bird view*.

Seperti yang telah dibahas sebelumnya bahwa ketinggian sumber cahaya tambahan ini disamakan dengan ketinggian obyek agar menempati titik tengah, maka didapatkan bahwa nilai $y_1 = y_2 = y_3 = y_0$. Setelah dilakukan perhitungan didapat nilai-nilai untuk masing-masing koordinat sumber cahaya tambahan seperti yang tampak pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Koordinat sumber cahaya tambahan

Nama Obyek	**Koordinat**		
	x	**y**	**z**
lgt_depan	-2,04	1,25	1,33
lgt_samping	-4,27	1,25	1,24
lbt_belakang	-2,98	1,25	-1,47

Setelah diketahui koordinat dari masing-masing sumber cahaya tambahan, maka ditambahkan ke dalam *scene* dengan menggunakan atribut tersebut. Gambar 4.5 menunjukkan posisi peletakan masing-masing sumber cahaya berdasarkan metode *three points light* pada mode desain.



Gambar 4.5 Posisi penempatan sumber cahaya tambahan pada mode desain yang tampak dari atas.

Setelah penempatan ketiga sumber cahaya tambahan ini maka intensitas

cahaya yang keluar pada setiap sumber cahaya tersebut diset menjadi 4,8.

4.3 Arah Sumber Cahaya Tambahan

Selanjutnya setelah semua sumber cahaya tambahan diletakkan pada posisinya, Langkah selanjutnya adalah menghitung arah dari masing-masing sumber cahaya tersebut. Untuk perhitungan arah dari sumber cahaya ini juga menggunakan pendekatan vektor yang mana titik asal adalah koordinat sumber cahaya tersebut sedangkan titik tujuannya adalah koordinat dari obyek yang disinari.

Dari *scene* tersebut diketahui bahwa koordinat dari obyek adalah *(-3, 0, 0)* dengan rotasi *(0, 0, 0)*. Dari proses perhitungan sebelumnya didapat koordinat dari sumber cahaya depan adalah *(-2.04, 1.25, 1.33)*, sumber cahaya samping adalah *(-4.27, 1.25, 1.24)* dan sumber cahaya belakang adalah *(-2.98, 1.25, -1.47)*.

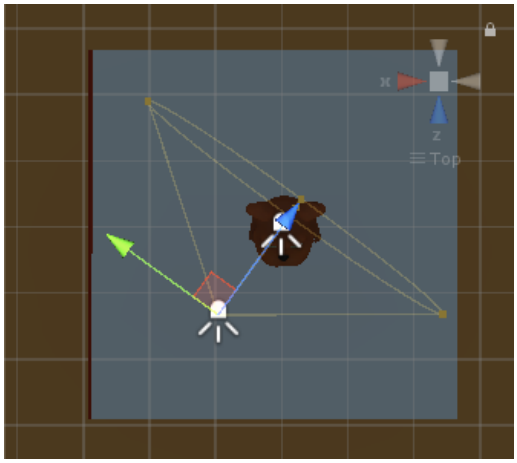
Rotasi ini yang akan menjadi arah bagi setiap sumber cahaya tambahan di dalam *scene* tersebut. Dalam perhitungan rotasi ini, yang dihitung adalah rotasi pada sumbu *y*. Rotasi pada sumbu *x* tidak perlu dihitung karena posisi sumber cahaya akan dibuat sejajar dengan obyek yang disinari. Sedangkan rotasi pada sumbu *z* tidak memberikan pengaruh pada hasilnya dan diberikan nilai 90 agar tebak lurus dengan posisi semula yaitu 0.

Dari proses perhitungan ini didapat nilai rotasi dari masing-masing sumber cahaya tersebut seperti yang tampak pada Tabel 4.2.

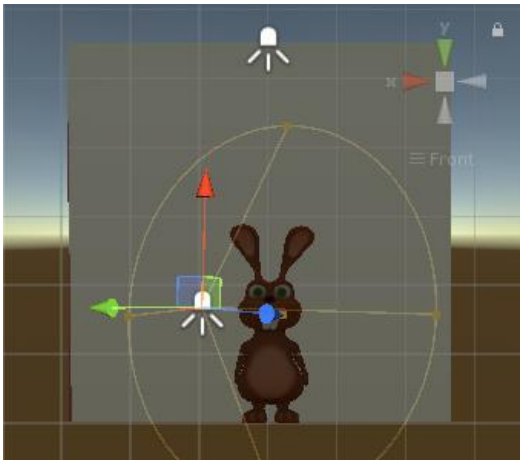
Tabel 4.2 Rotasi sumber cahaya tambahan

Nama Modul	**Rotasi**		
	x	**y**	**z**
lgt_depan	0	215,812	90
lgt_samping	0	137,055	90
lgt_belakang	0	0	90

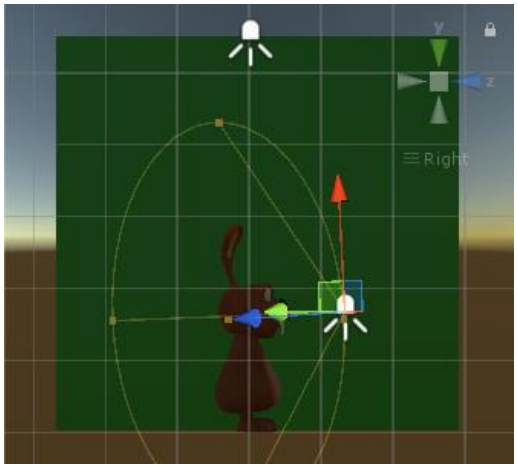
Setelah didapatkan arah dari setiap sumber cahaya tambahan ini, maka langkah selanjutnya adalah menerapkan koordinat tersebut ke parameter rotation dari setiap sumber cahaya tambahan tersebut. Gambar 4.6, Gambar 4.7 dan Gambar 4.8 menunjukkan arah dari setiap sumber cahaya yang ditambahkan ke dalam *scene*.



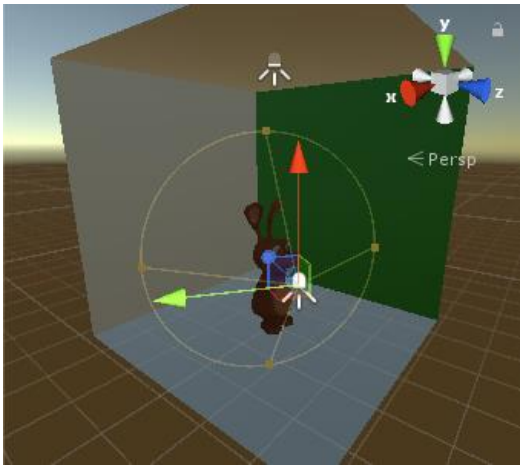
(a)



(b)

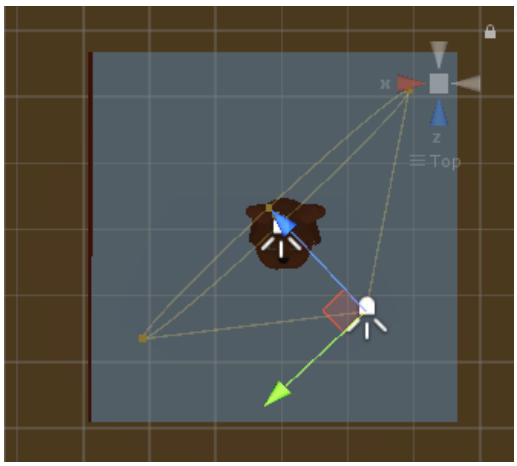


(c)

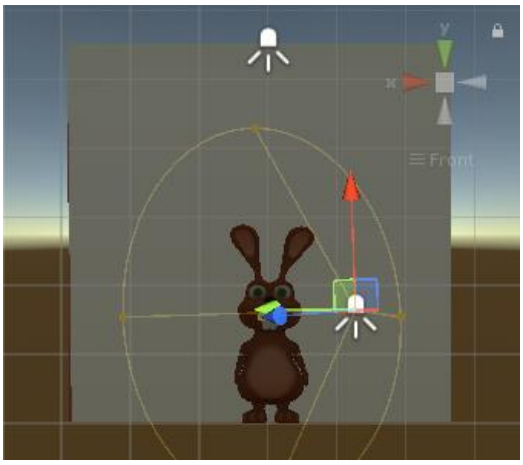


(d)

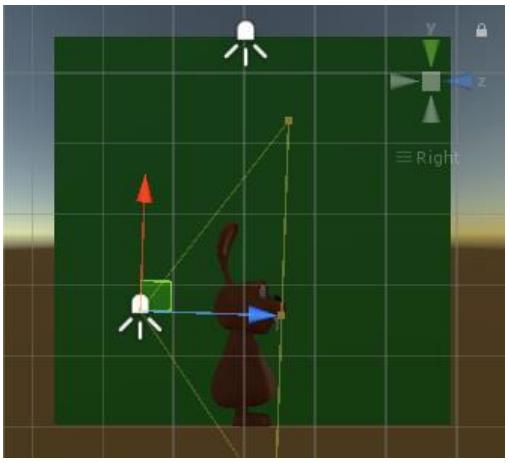
Gambar 4.6 Penempatan sumber cahaya pada posisi di depan obyek: (a) tampak atas; (b) tampak depan; (c) tampak samping; (d) penampakan 3D.



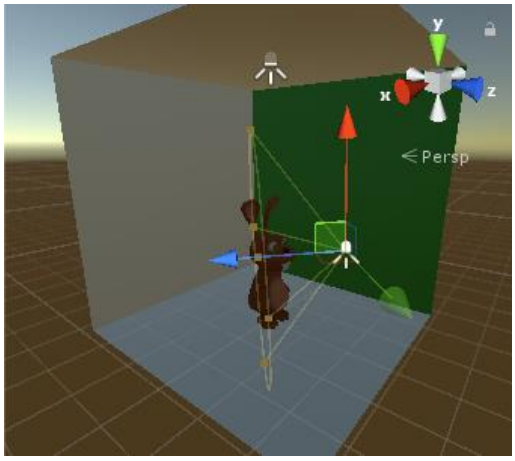
(a)



(b)



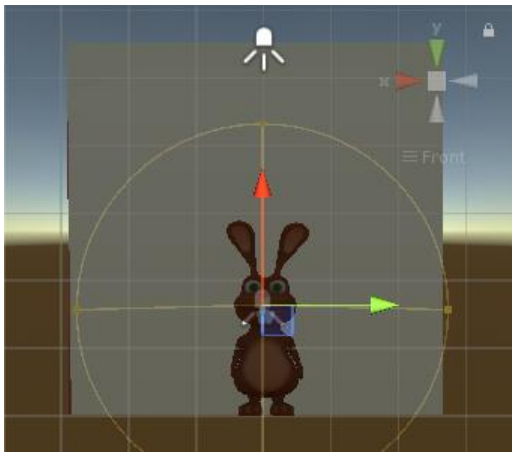
(c)



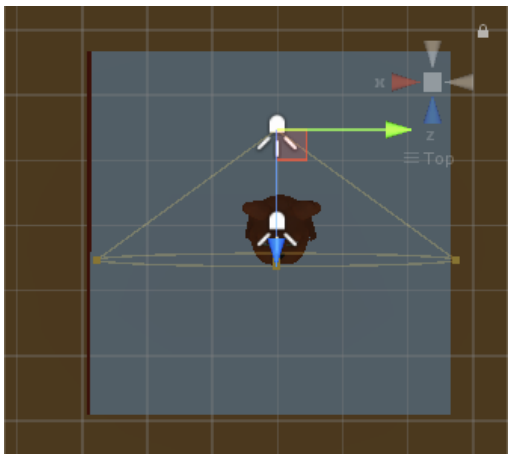
(d)

Gambar 4.7 Penempatan sumber cahaya pada posisi di samping obyek: (a) tampak atas; (b) tampak depan; (c) tampak samping; (d) penampakan 3D.

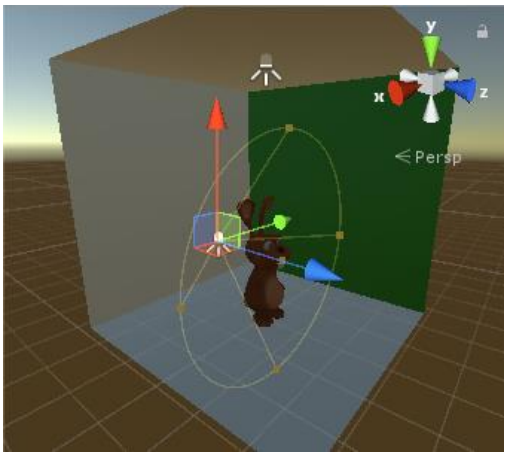
(a)



(b)



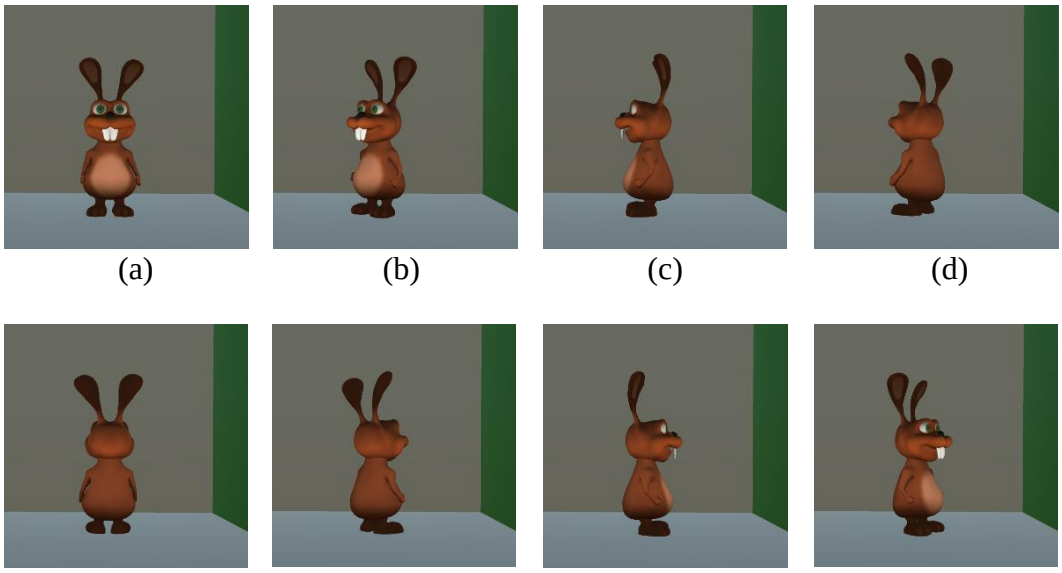
(c)



(d)

Gambar 4.8 Penempatan sumber cahaya pada posisi di belakang obyek: (a) tampak atas; (b) tampak depan; (c) tampak samping; (d) penampakan 3D.

Setelah semua sumber cahaya tambahan diletakkan pada posisinya dan diatur parameter intensitas, *spot angle* dan arahnya, maka tampilan pada mode *run* dapat dilihat pada Gambar 4.9.



(a) (b) (c) (d)

(e) (f) (g) (h)

Gambar 4.9 Kondisi *scene* akhir pada mode run dengan perputaran: (a) 0°; (b) 45°; (c) 90°; (d) 135°; (e) 180°; (f) 225°; (g) 270°; (h) 315°.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 5
IMPLMENTASI PADA SCENE FILM ANIMASI

Pada bab ini akan dibahas mengenai proses selanjutnya yang berupa penerapan hasil percobaan terhadap *scene* film yang dibuat dengan menggunakan Unity. Untuk *terrain* yang digunakan dalam penelitian ini diunduh dari Unity *asset store*, sedangkan karakter dan animasi diunduh dari Mixamo (https://www.mixamo.com). Setelah diterapkan pada beberapa *scene*, hasil tersebut ditunjukkan kepada beberapa desainer animasi untuk diberikan penilaian secara manual.

5.1 Penerapan pada Rancangan Bebas

Penerapan yang pertama dilakukan pada *scene* dengan *terrain* Nature Starter Kit 1 yang merupakan karya dari Shapes (https://www.facebook.com/ shapesassets) dengan karakter yaitu Paladin yang tersedia di Mixamo. Kondisi awal *scene* dapat dilihat pada Gambar 5.1. Parameter yang didapat dari *scene* tersebut terlihat pada Tabel 5.1.

Scene tersebut menceritakan mengenai seorang Paladin yang diberi nama char_paladin berada di sebuah dataran tinggi dengan sebuah pohon yang tumbuh di puncaknya dengan sedikit bebatuan. Paladin tersebut dalam kondisi sedih karena sebuah penyesalan. Situasi *set* digambarkan suasana siang hari menjelang sore dengan pencahayaan yang cukup terang. Ada sedikit awan yang melingkupi *set* tersebut. Dari *scene* ini didapatkan koordinat posisi char_paladin adalah (-2.58, 0.79, 2.95) dengan rotasi (0, 0, 0).

Setelah dilakukan perhitungan terhadap intensitas pada permukaan obyek, *angle spot*, *needed intensity*, posisi dan arah dari masing-masing sumber cahaya tambahan, didapatkan nilai parameter seperti yang tampak pada Tabel 5.2. Dari tabel ini kemudian dilakukan penempatan sumber cahaya tambahan ke dalam *scene* tersebut seperti yang tampak pada Gambar 5.2.

(a)

(b)

(b)

(c)

(d)

(e)

Gambar 5.1 Kondisi *scene* pertama pada kondisi sebelum penambahan sumber cahaya.

Tabel 5.1 Parameter dari *scene* pertama

Parameter	Nilai Crisp	Nilai Besaran
situation	sangat sepi	10
pov	*high angle, eye level*	30
intensity	sangat terang	80
camera	*medium, medium long shot*	35
emotion	sedih	20

Tabel 5.2 Kondisi dari *scene* pertama

Nama Obyek	Posisi	Rotasi	Spot Angle	Intensity
lgt_1_paladin	(-1.65, 1.88, 4.33)	(0, 213.42, 0)	87.21	14.3
lgt_2_paladin	(-3.95, 1.88, 3.91)	(0, 128.5, 0)	87.21	14.3
lgt_3_paladin	(-2.59, 1.88, 1.28)	(0, 0, 0)	87.21	7.15

(a)

(b)

(c)

(d)

(e)

(f)

Gambar 5.2 Kondisi *scene* pertama pada kondisi sesudah penambahan sumber cahaya.

Penerapan yang kedua dilakukan pada *scene* dengan *terrain* Fantasy Forest yang merupakan karya dari TriForge Assets (https://www.artstation.com/ferum) dengan karakter yaitu Remy yang tersedia di Mixamo. Kondisi awal *scene* dapat dilihat pada Gambar 5.3 dan Tabel 5.3.

Scene tersebut menceritakan mengenai seorang laki-laki yang diberi nama char_remy berada di dalam sebuah hutan yang cukup rimbun ditumbuhi pepohonan. Remy berada di atas jalan setapak yang berada di tengah hutan tersebut. Remy digambarkan pada kondisi tenang sedikit marah. Situasi *set* digambarkan suasana siang hari dengan pencahayaan yang cukup terang, tetapi tidak cukup terang di dalam hutan. Dari *scene* ini didapatkan koordinat posisi char_remy adalah (19.73, 0, 32.58) dengan rotasi (0, 319.64, 0).

(a)

(b)

(c)

(d)

(e)

(f)

Gambar 5.3 Kondisi *scene* kedua pada kondisi sebelum penambahan sumber cahaya.

Tabel 5.3 Parameter dari *scene* kedua

Parameter	Nilai Crisp	Nilai Besaran
situation	sangat sepi	10
pov	*eye level*	50
intensity	normal	35
camera	*medium shot*	50
emotion	normal	40

Setelah dilakukan perhitungan terhadap intensitas pada permukaan obyek, *angle spot*, *needed intensity*, posisi dan arah dari masing-masing sumber cahaya tambahan, didapatkan nilai parameter seperti yang tampak pada Tabel 5.4. Dari

tabel ini kemudian dilakukan penempatan sumber cahaya tambahan ke dalam *scene* tersebut seperti yang tampak pada Gambar 5.4.

Tabel 5.4 Kondisi dari *scene* kedua

Nama Obyek	Posisi	Rotasi	Spot Angle	Intensity
lgt_1_remy	(19.83, 1, 34.25)	(0, 181.99, 0)	78.63	6.5
lgt_2_remy	(18.11, 1, 33.07)	(0, 108.67, 0)	78.63	6.5
lgt_3_remy	(20.72, 1, 31.27)	(0, 321.43, 0)	78.63	3.25

(a)

(b)

(c)

(d)

(e)

(f)

Gambar 5.4 Kondisi *scene* kedua pada kondisi sesudah penambahan sumber cahaya.

Penerapan yang ketiga dilakukan pada *scene* dengan *terrain* Hospital Horror Pack yang merupakan karya dari DNK_DEV (https://www.artstation.com/artist/dnk) dengan karakter yaitu Jackie yang tersedia di Mixamo. Kondisi awal *scene* dapat dilihat pada Gambar 5.5 dan Tabel 5.5.

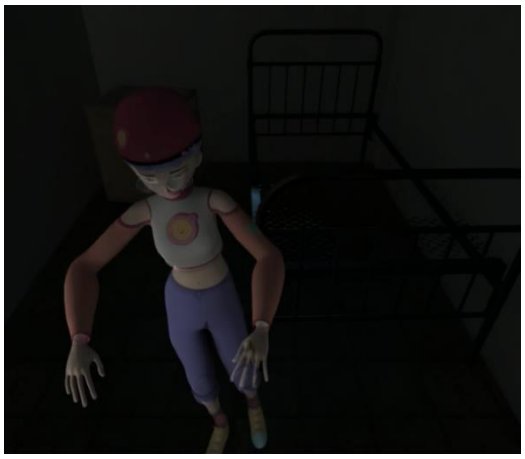
Scene tersebut menceritakan mengenai seorang perempuan yang diberi nama char_jackie berada di dalam sebuah ruangan sempit yang ada di suatu rumah sakit. Jackie sedang berada di dalam sebuah ruangan yang sangat gelap karena lampu yang berada di langit-langit ruangan itu tidak menyala. Di dalam ruangan itu terdapat sebuah ranjang kosong dan lemari kayu kecil di sebelahnya. Jackie berdiri di depan ranjang tersebut dengan kondisi marah. Dari *scene* ini didapatkan koordinat posisi char_jackie adalah (-11.95, 0, 4.86) dengan rotasi (0, 180, 0).

(a)

(b)

(c)

(d)



(e)

(f)

Gambar 5.5 Kondisi *scene* ketiga pada kondisi sebelum penambahan sumber cahaya dengan posisi kamera *high angle view*.

Tabel 5.5 Parameter dari *scene* ketiga

Parameter	Nilai Crisp	Nilai Besaran
situation	sangat sepi	10
pov	*high angle view*	25
intensity	sangat gelap	10
camera	*medium shot*	50
emotion	marah	25

Setelah dilakukan perhitungan terhadap intensitas pada permukaan obyek, *angle spot*, *needed intensity*, posisi dan arah dari masing-masing sumber cahaya tambahan, didapatkan nilai parameter seperti yang tampak pada Tabel 5.6. Dari

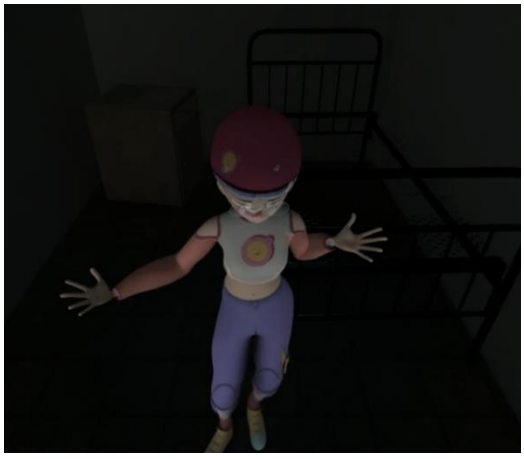
tabel ini kemudian dilakukan penempatan sumber cahaya tambahan ke dalam *scene* tersebut seperti yang tampak pada Gambar 5.6.

Tabel 5.6 Kondisi dari *scene* ketiga

Nama Obyek	Posisi	Rotasi	Spot Angle	Intensity
lgt_1_jackie	(-13.22, 0.75, 3.55)	(0, 42.57, 0)	41.21	3.42
lgt_2_jackie	(-10.65, 0.75, 3.59)	(0, 310.16, 0)	41.21	3.42
lgt_3_jackie	(-12.02, 0.75, 6.68)	(0, 180, 0)	41.21	3.42

(a)

(b)



(c)

(d)

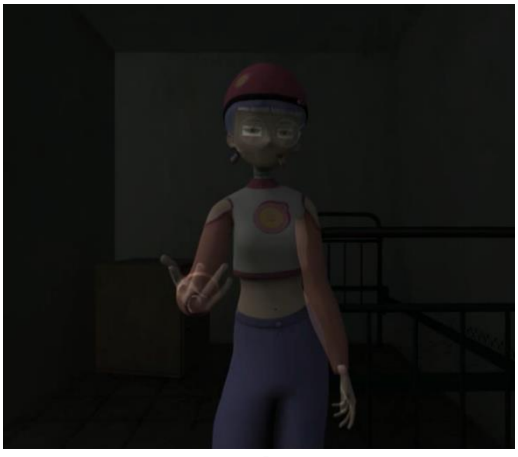
(e)

(f)

Gambar 5.6 Kondisi *scene* ketiga pada kondisi sesudah penambahan sumber cahaya dengan posisi kamera *high angle view*.

Penerapan yang keempat dilakukan masih sama dengan scene ketiga, hanya saja sekarang menggunakan posisi kamera aktif yang berbeda dengan *scene* ketiga, yaitu *eye level view*. Pada percobaan kali ini ingin dilihat apakah dengan perubahan posisi kamera aktif akan mempengaruhi pencahayaannya. Kondisi awal *scene* dapat dilihat pada Gambar 5.7 sedangkan kondisi akhir *scene* dapat dilihat pada Gambar 5.8.

(a)


(b)

(c)

(d)

(e)

(f)

Gambar 5.7 Kondisi *scene* keempat pada kondisi sebelum penambahan sumber cahaya dengan posisi kamera pada *eye level view*.

(a)

(b)

(c)

(d)

(e)

(f)

Gambar 5.8 Kondisi *scene* keempat pada kondisi sesudah penambahan sumber cahaya dengan posisi kamera pada *eye level view*.

Penerapan yang kelima dilakukan pada *scene* yang masih menggunakan *terrain* yang sama yaitu Hospital Horror Pack. Pada scene ini ditambahkan satu model karakter lagi yang bernama char_james.

Scene tersebut menceritakan tentang char_jackie yang berbicara dengan char_james di selusur bagian depan rumah sakit. Jackie dan James berdiri berhadapan di bawah penerangan yang cukup. Jackie berdiri membelakangi dinding sedangkan James berdiri di tengah pintu yang terbuka. Di dalam ruangan yang ada di belakang James terdapat sebuah lampu yang menyala juga. Dari *scene* ini didapatkan koordinat posisi char_jackie adalah (-15.24, 0, 0) dengan rotasi (0, 0, 0) dan koordinat posisi char_james adalah (-15.26, 0, 1.74) dengan rotasi (0, 180, 0).

Pada scene ini terdapat dua buah kamera, yang pertama diberi nama cam_utama yang berada pada koordinat (-13.11, 1.08. -0.03) sedangkan yang kedua diberi nama cam_kedua yang berada pada koordinat (-13.46, 1.19, 0.86). Kondisi awal *scene* dapat dilihat pada Gambar 5.9. Parameter yang didapat dari *scene* tersebut terlihat pada Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Parameter dari *scene* kelima

Parameter	**char_jackie**		**char_james**	
	Nilai Crisp	**Besaran**	**Nilai Crisp**	**Besaran**
situation	sepi	30	sepi	30
pov	*eye level*	50	*eye level*	50
intensity	normal	50	normal	50
camera	*medium shot*	50	*medium shot*	50
emotion	marah	25	normal	40

(a)

(b)

(c) (d)

(e) (f)

Gambar 5.9 Kondisi *scene* kelima pada kondisi sebelum penambahan sumber cahaya dengan menggunakan dua buah kamera.

Tabel 5.8 Kondisi dari *scene* kelima

Nama Obyek	Posisi	Rotasi	Spot Angle	Intensity
lgt_1_jackie	(-14.12, 0.75, 1.37)	(0, 218.45, 0)	53.46	5.6
lgt_2_jackie	(-16.42, 0.75, 1.3)	(0, 137.59, 0)	53.46	5.6
lgt_3_jackie	(-15.26, 0.75, -0.97)	(0, 0, 0)	53.46	2.8
lgt_1_james	(-16.28, 1, 0.67)	(0, 42.57, 0)	61.03	5.6
lgt_2_james	(-14.23, 1, 0.67)	(0, 314.84, 0)	61.03	5.6
lgt_3_james	(-15.28, 1, 3.36)	(0, 180, 0)	61.03	2.8

Setelah dilakukan perhitungan terhadap intensitas pada permukaan obyek, *angle spot*, *needed intensity*, posisi dan arah dari masing-masing sumber cahaya tambahan, didapatkan nilai parameter seperti yang tampak pada Tabel 5.9. Dari tabel ini kemudian dilakukan penempatan sumber cahaya tambahan ke dalam *scene* tersebut seperti yang tampak pada Gambar 5.10.

(a)

(b)

(c)

(d)

(e)

(f)

Gambar 5.10 Kondisi *scene* kelima pada kondisi sesudah penambahan sumber cahaya dengan menggunakan dua buah kamera.

5.2 Penilaian Hasil

Dari beberapa percobaan yang dilakukan, hasil yang didapatkan kemudian diberikan kepada beberapa desainer yang ahli di bidang pembuatan film animasi 3D untuk diberikan penilaian secara manual. Proses penilaian adalah dengan cara memperlihatkan hasil *scene* yang dihasilkan oleh *script* dalam mode *run*, kemudian akan dinilai untuk ditentukan apakah hal tersebut bisa diterima atau tidak. Jika ada *scene* yang tidak bisa diterima, maka rancangan *scene* pada Unity akan diperbaiki oleh desainer tersebut. Kemudian data atribut yang diberikan oleh desainer tersebut akan dituangkan dalam tabel untuk dibandingkan dengan tabel yang dihasilkan oleh *script* sistem ini.

Dari beberapa *scene* yang dihasilkan, didapati bahwa *scene* pertama masih belum memenuhi keinginan desainer. Hal ini kemungkinan disebabkan karena adanya pergerakan dari kamera yang berdampak pada perubahan intensitas cahaya yang diterima oleh kamera aktif. Untuk lebih jelasnya hasil penilaian yang diberikan bisa dilihat pada Tabel 5.9.

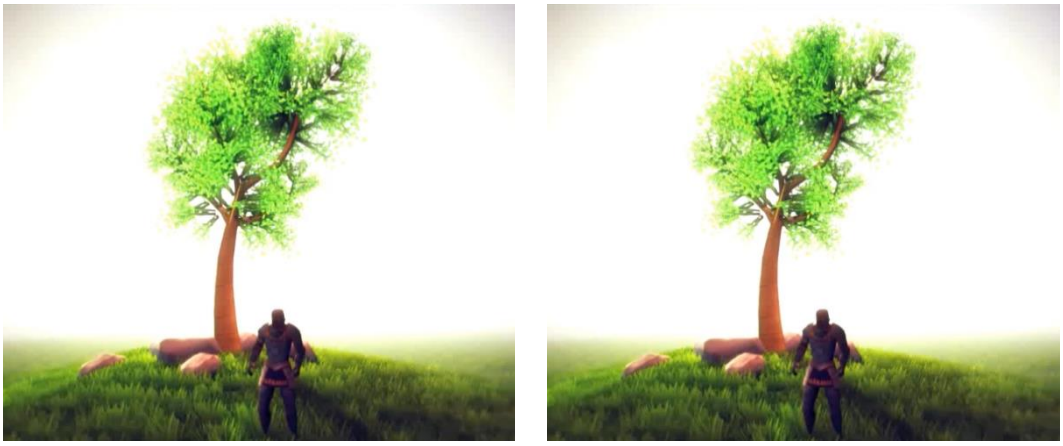
Tabel 5.9 Nilai atribut yang didapat dari *scene* yang dibuat oleh desainer

Nama Obyek	Posisi	Rotasi	Spot Angle	Intensity
lgt_1_paladin	(-2.09, 1.88, 4.85)	(0, 194.33, 0)	52.1	13.1
lgt_2_paladin	(-3.69, 2.14, 3.7)	(0, 128.5, 0)	66.4	11.59
lgt_3_paladin	(-2.59, 2.06, 1.28)	(0, 0, 0)	62.79	7.9

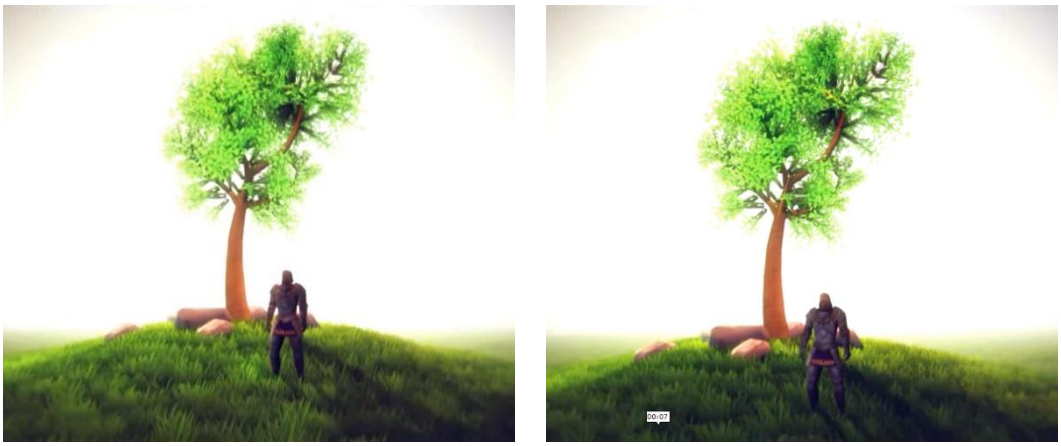
Gambar 5.11 menunjukkan perbandingan antara tampilan *scene* yang dihasilkan oleh *script* yang disandingkan dengan tampilan *scene* yang dihasilkan oleh desainer. Dari Gambar 5.11 tersebut dapat dilihat bahwa deretan potongan gambar yang berada di sebelah kiri adalah hasil dari *script* sedangkan yang di sebelah kanan adalah hasil dari desainer.

(a)

(b)

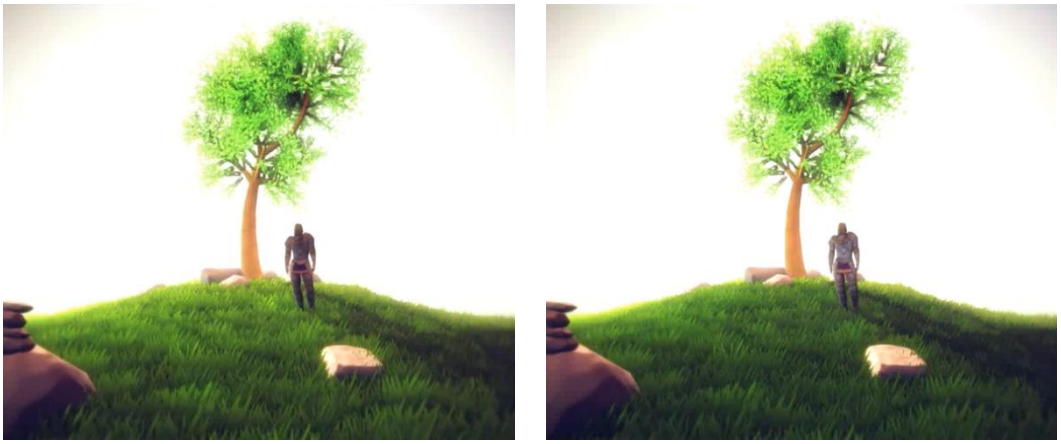


(c)



(d)

(e)



(f)

Gambar 5.11 Perbandingan antara *scene* yang dihasilkan *script* dan desainer.

BAB 6
PENUTUP

Pada bab penutup ini dibahas kesimpulan-kesimpulan yang telah diperoleh dari hasil penelitian serta rencana usulan penelitian selanjutnya.

6.1 Kesimpulan Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan beberapa hal berikut:

1. Metode logika fuzzy terbukti dapat digunakan untuk keperluan penempatan dan pengaturan atribut dari sumber cahaya yang ditambahkan secara otomatis ke dalam *scene* film animasi 3D yang dibangun menggunakan Unity.
2. Perhitungan fuzzy menggunakan metode Mamdani dan fungsi keanggotaan segitiga dengan parameter input situasi set (*situation*), point-of-view kamera aktif (*PoV*), intensitas cahaya terpasang pada *scene* (*intensity*), posisi kamera aktif (*camera*) dan emosi dari karakter utama (*emotion*) dapat digunakan sebagai *virtual director* untuk menggantikan peran sutradara secara manual.
3. Metode logika fuzzy membuat gambar lebih hidup dengan menggunakan konsep three-point lights yang dikemukakan oleh Blain Brown dan dikembangkan oleh Kanematsu.
4. Pengaturan sumber cahaya tambahan yang dilakukan pada penelitian ini tidak bergantung pada posisi kamera yang aktif saat itu.
5. Berdasarkan uji responden diketahui bahwa penempatan posisi sumber cahaya tambahan secara virtual dapat memberikan keuntungan karena tidak nampak di dalam *scene* meskipun posisinya berada di antara kamera aktif dan obyek yang disinari.
6. Proses perhitungan pada penelitian ini bersifat tetap untuk suatu *scene*, sehingga *Fuzzy Inference System* yang dibangun masih perlu diperbaiki untuk mengantisipasi perubahan nilai parameter input yang terjadi di tengah *scene* karena adanya perubahan situasi *set*, posisi kamera, serta emosi dari karakter utamanya.

6.2 Rencana Penelitian Selanjutnya

Ada beberapa usulan bagi penelitian selanjutnya yang didasari oleh penelitian yang dilakukan pada disertasi ini, yaitu:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut agar dapat mengakuisisi pengetahuan sutradara dalam hal penempatan sumber cahaya tambahan sehingga dapat dilakukan secara otomatis. Pada penelitian ini hal tersebut masih dilakukan dengan cara pengamatan manual.
2. Penelitian ini perlu diperluas lagi tidak hanya terpaku pada modul karakter utama saja, tetapi juga diberlakukan kepada karakter pembantu atau yang dikenal dengan istilah *non-player character (NPC)*. Halangan yang perlu diperhatikan adalah bahwa tidak adanya keterangan mengenai NPC pada skenario.
3. Perlu dipikirkan lagi mengenai penggunaan metode fuzzy yang lain atau bidang *machine learning* dalam hal pengaturan atribut sumber cahaya tambahan ini.
4. Selain melakukan penambahan, hendaknya sistem serupa juga dapat melakukan pengurangan sumber cahaya atau pengaturan atribut sumber cahaya yang terpasang agar semua sistem tata cahaya di dalam film animasi dapat sepenuhnya dilakukan secara otomatis.

DAFTAR PUSTAKA

Artzi, A.B., Egan, K. dan Ramamoorthi, R., (2008), "A Precomputed Polynomial Representation for Interactive BRDF Editing with Global Illumination", *Jurnal ACM Transactional on Graphics*, Vol.27, No.2, hal.1469-1478.

Arvo, J., Torrance, K. dan Smits B., (1999), "A Framework for the Analysis of Error in Global Illumination Algorithms", dalam *Proceedings of the 21st Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques*, hal.75-84.

Assa, J., Wolf, L. dan Cohen-Or, D., (2010), "The Virtual Director: A Correlation-Based Online Viewing of Human Motion", *The International Journal of the Eurographics Association*, Vol. 29, No.2, hal.595-604.

Bares, W.H., McDermott, S., Boudreaux, C. dan Thainimit, S., (2000), "Virtual 3D Camera Composition from Frame Constraints", dalam *Proceedings of the 8th ACM International Conference on Multimedia*, Los Angeles, Amerika, hal.177-186.

Barry, W. dan Ross, B.J., (2014), "Virtual Photography Using Multi-Objective Particle Swarm Optimization", dalam *Proceedings of the 2014 Annual Conference on Genetic and Evolutionary Computation*, hal.285-292.

Barzel, R., (1997), "Lighting Controls for Computer Cinematography", *Journal of Graphics Tools*, Vol.2, No.1, hal.1-20.

Bedrosian, T.A. dan Nelson, R.J., (2013), "Influence of the Modern Light Environment on Mood", *Jurnal Molecular Psychiatry*, Vol.18, hal.751-757.

Belcour, L., Bala, K. dan Soler, C., (2014), "A Local Frequency Analysis of Light Scattering and Absorption", *Jurnal ACM Transactions on Graphics*, Vol.33, No.5, hal.1-17.

Blackman, S., (2013), *Beginning 3D Game Development with Unity 4*, 2nd Edition, Apress.

Bordwell, D. dan Thompson K, (1997), *Film Art: An Introduction*, 5th Edition, McGraw Hill.

Brown, B., (2012), *Cinematography Theory and Practice: Image Making for Cinematographers, Directors, and Videographers*, Focal Press.

Burelli, P. dan Yannakakis, G.N., (2015), "Adapting Virtual Camera Behaviour Through Player Modelling", *Jurnal User Modelling and User-Adapted Interaction*, Vol.25, hal.155-183.

Frolunde, L., (2010), "Understanding Machinima: Applying a Dialogic Approach", dalam *Research Workshop: Making Sense of Virtual World*, Birkerod, Denmark.

Gkioulekas, I., Zhao, S., Bala, K., Zickler, T. dan Levin. A., (2013), "Inverse Volume Rendering with Material Dictionaries: Supplementary Material", *Jurnal ACM Transactions and Graphics*, Vol.32, No.6, hal.1-24.

Hancock, H. dan Ingram, J., (2007), *Machinima for Dummies*, Wiley Publishing.

Hart, J., (2008), *The Art of the Storyboard: A Filmmaker's Introduction*, 2nd Edition, Focal Press.

Hengtaweesub, P., (2017), Thesis, *Investigating the Effects of Cinematic Lighting in 3D Animated Scenes on Viewers' Emotion and Perceived Story*, Texas A&M University.

Jhala, A. dan Young, R.M., (2010), "Cinematic Visual Discourse: Representation, Generation, and Evaluation", *Journal of IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games*, Vol.2, No.2, hal.69-81.

Johnson, P. dan Pettit, D., (2012), *Machinima: The Art and Practice of Virtual Filmmaking*, McFarland & Company Inc.

Jung, C.M., Khalsa, S.B.S., Scheer, F.A.J.L, Cajochen, C., Lokley, S.W., Czeisler, C.A. dan Wright Jr., K.P., (2010), "Acute Effects of Bright Light Exposure on Cortisol Levels", *Journal of Biological Rhythms*, Vol.25, No.3, hal.208-216.

Kallberg, L. dan Larsson, T., (2014), "Optimized Phong and Blinn-Phong Glossy Highlights", *Jurnal Computer Graphics Techniques*, Vol.3, No.3, hal.1-6.

Kim, Y., Hwang, J., Lee, J. dan Yoo, M., (2011), "Position Estimation Algorithm Based on Tracking of Received Light Intensity for Indoor Visible Light Communication Systems", dalam *Proceedings of the International Conference on Ubiquitous and Future Networks*, hal.131-134.

Kneafsey, J. dan McCabe, H., (2005), "CameraBots: Cinematography for Games with Non-Palyer Characters as Camera Operators", dalam *Proceedings of Digital Games Research Association*, Vancouver, Kanada, hal.1-9.

Knez, I. dan Niedenthal, S., (2008), "Lighting in Digital Game Worlds: Effects on Affect and Play Performance", *Jurnal CyberPsychology & Behavior*, Vol.11, No.2, hal.129-137.

Kol, T.R., Klehm, O., Seidel, H.P. dan Eisemann, E., (2017), "Expressive Single Scattering for Light Shaft Stylization", Jurnal *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, Vol.23, No.7, hal.1753-1766.

Kuijsters, A., Redi, J., Ruyter, B. dan Heynderickx, I., (2015), "Lighting to Make You Feel Better: Improving the Mood of Elderly People with Affective Ambiences", *Journal of Plos One*, Vol.10, No.7.

Lima, E.E.S., Pozzer, C.T., Ornellas, M.C., Ciarlini, A.E.M., Feijo, B. dan Furtado, A.L., (2009), "Virtual Cinematography Director for Interactive Storytelling", dalam *Proceedings of the International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*, hal.263-270.

Lin, W.C., Huang, T.S., Ho, T.C., Chen, Y.T. dan Chuang, J.H., (2013), "Interactive Lighting Design with Hierarchical Light Representation", *Jurnal Computer Graphics Forum*, Vol.32, No.4, hal.133-142.

Lino, C., Christie, M., Lamarche, F., Schofield, G. dan Oliver, P., (2010), "A Real-time Cinematography System for Interactive 3D Environments", dalam *Proceedings of ACM SIGGRAPH Eurographics Symposium on Computer Animation*, Madrid, Spanyol, hal.139-148.

Maszerowska, A., (2012), "Casting the Light on Cinema – How Luminance and Contrast Patterns Create Meaning", hal.65-85.

Merabti, B., Christie, M. dan Bouatouch, K., (2015), "A Virtual Director Using Hidden Markov Models", *The International Journal of the Eurographics Association*, Vol.35, No.8, hal.51-67.

Moh, I.S.L. dan Zaidi, S.F.M., (2019), "Game Cinematography – Towards Understanding Relationship between Spatial Distortion and Game-play", dalam *Proceedings of 3rd International Conference on Virtual and Augmented Reality Simulations*, hal.26-32.

Mordeson, J.N., Malik, D.S. dan Clark, T.D., (2015), *Fuzzy Logic to Social Choice Theory*, CRC Press.

Neuman, W.R. dan Guggenheim, L, (2011), *The Evolution of Media Effects Theory: A Six-Stage Model of Cumulative Research*, University of Michigan.

Picard, M., (2006), "Machinima: Video Game as an Art Form?", dalam *Proceedings of 2006 Author & Canadian Games Study Association*, Kanada.

Poian, C., (2006), “Machinima: World-breaking and World-making in the Cinema of Videogames”, dalam *Proceedings of 2006 Author & Canadian Games Study Association*, Kanada.

Poland, J.L., (2015), *Lights, Camera, Emotion!: an Examination on Film Lighting and Its Impact on Audiences' Emotional Response*, Cleveland, Amerika.

Ren, P., Wang, J., Gong, M., Lin, S., Tong, X. dan Guo, B., (2013), “Global Illumination with Radiance Regression Functions”, *Jurnal ACM Transactions on Graphics*, Vol.32, No.4, hal.1-12.

Seising, R. dan Trillas, E., (2015), *Towards the Future of Fuzzy Logic*, Springer.

Tamir, D.E. dan Rishe, N.D., (2015), *Fifty Years of Fuzzy Logic and its Applications*, Springer.

Wang, H.H., Luo, M.R., Liu, P., Yang, Y., Zheng, Z. dan Liu, X., (2014), “A Study of Atmosphere Perception of Dynamic Coloured Light”, *Jurnal Lighting Resolution Technology*, Vol.46, hal.661-675.

BIODATA PENULIS

Nama	:	Andreas
NRP	:	07111360010005
Program	:	Doktor
Program Studi	:	Teknik Elektro
Fakultas	:	Fakultas Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS)
Tempat/tanggal lahir	:	Malang, 1 Desember 1968
Agama	:	Katolik
Pekerjaan	:	Dosen Tetap Universitas Pelita Harapan Kampus Surabaya
Alamat Kantor	:	Universitas Pelita Harapan CITO Superblock, Jln. Jend. A. Yani No.288, Surabaya
Telp	:	031-58251007
Alamat Surat	:	Jalan Pecatu E6/23, Purimas, Surabaya 60294
Email	:	andreas.jodhinata@uph.edu andreas.jodhinata@gmail.com
Nama Orang tua	:	Jodhinata (almarhum) Liduina
Nama Isti	:	Anastasia Apprila Angela
Nama Anak	:	Albertus Aldo Cecilia Aldora

Riwayat Pendidikan:

A. Pendidikan Dasar dan Menengah:

1. TK Katolik Cor Jesu, Malang – **(1973-1974)**
2. SD Katolik Cor Jesu, Malang – **(1974-1981)**
3. SMP Katolik Cor Jesu, Malang – **(1981-1984)**
4. SMA Katolik Santo Jusup, Malang – **(1984-1987)**

B. Pendidikan Tinggi:

1. Strata-1 : Sarjana Komputer – (1987-1992)
   Sekolah Tinggi Teknik Surabaya
   Skripsi : Analisa Perintah Internal DOS
   Pembimbing : Ir. Kinardi Gunawan

2. Strata-2 : Magister Komputer – (2005-2007)
   Sekolah Tinggi Teknik Surabaya
   Tesis : Optimasi Algoritma Stemming Bahasa Indonesia
   Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Kuswara Setiawan, M.T.

3. Strata-3 : Doktor Teknik Elektro – (2013-Sekarang)
   Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS)
   Disertasi : Machinima Autonomous Lighting Berbasis Scenario Tracking Menggunakan Logika Fuzzy
   Promotor : Mochamad Hariadi, S.T., M.Sc., Ph.D.
   Co-Promotor : Prof. Dr. Ir. Mauridhi Hery Purnomo, M.Eng.

Daftar publikasi selama studi program Doktor:

A. Jurnal Internasional

Andreas, Kunio Kondo, Mochamad Hariadi, and Mauridhi Hery Purnomo. "Two Stage Fuzzy Inference System for Autonomous Lighting in 3D Animated Movie Scene."
International Journal of Intelligent Engineering & System Vol.13, No.5 (Agustus 2020).
ISSN: 2185-3118 (online version)
Quartile: Q2
H Index: 11
https://doi.org/ 10.22266/ijes2020.1031.19

B. Jurnal Nasional Terakreditasi

Andreas, Mochamad Hariadi, dan Mauridhi Hery Purnomo.
"Penerapan Logika Fuzzy untuk Pembentukan Sutradara Otonom dalam hal Pencahayaan pada Machinima"
JNTETI Vol.9, No.1, pp.45-54 (Februari 2020)
Sinta 2
ISSN: 2460-5719 (Print), 2301-4156 (Online)
https://doi.org/10.22146/jnteti.v9i1.147

C. Seminar Internasional

1. Andreas, Mauridhi Hery Purnomo, and Mochamad Hariadi.
   "Controlling the Hidden Layers' Output to Optimize the Training Process in the Deep Neural Network Algorithm."
   Cyber Technology in Automation, Control, and Intelligent Systems IEEE-CYBER 2015, pp.1028-1032, IEEE, Shenyang, China, 2015.
   http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=7288086

2. Andreas, Kunio Kondo, Mauridhi Hery Purnomo, and Mochamad Hariadi. "Autonomous Lighting in 3D Scene Based on Scenario Tracking and Director's Behavior."
In *11th Asian Forum on Graphics Science*, pp.1-9. Tokyo, Japan, 2017.