

Interaksi Objek Animasi 3d Berbasis Multimedia

Supriyadi

STMIK Nusa Mandiri Jakarta

Jl. Keramat Raya No. 18, Kwitang Senen, Jakarta Pusat

Email : supriyadi.spy@bsi.ac.id

ABSTRAK

Belajar Animasi 3D pada materi rendering objek untuk beberapa siswa sangat sulit untuk dipahami. Jumlah siswa yang membutuhkan bantuan dalam bentuk media pembelajaran lebih banyak daripada jumlah siswa yang tidak membutuhkan. Untuk itu perlu dibangun aplikasi pembelajaran animasi 3D, terutama pada materi rendering objek untuk digunakan siswa sebagai sarana pembelajaran dan memfasilitasi dosen dalam menyampaikan materi. Subjek dalam penelitian ini adalah aplikasi multimedia 3DMax sebagai media pembelajaran 3D Animasi pada rendering objek. Pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan metode studi literatur, metode observasi, dan metode wawancara. Aplikasi disiapkan oleh prosedur yang mencakup mengidentifikasi masalah yang diperoleh, analisis kebutuhan, merancang konsep, merancang konten, merancang dokumen dan diagram navigasi, merancang skrip, merancang grafik, memproduksi sistem, menguji sistem dengan kotak hitam dan uji alpha. Hasil dari penelitian ini adalah aplikasi multimedia sebagai media pembelajaran animasi 3D pada materi rendering objek untuk mahasiswa Program Studi Siaran di AKOM BSI Jakarta yang berdasarkan hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa aplikasi pembelajaran ini dapat membantu proses pembelajaran pada siswa untuk memahami materi dan dapat digunakan sebagai alat dosen untuk mendukung pembelajaran animasi 3D.

Kata Kunci : Animasi 3D, Object Rendering, Pembelajaran, Multimedia

ABSTRACT

3D Animation Learning on object rendering material for some students is very difficult to understand. The number of students who need aids in the form of learning media more than the number of students who do not need. For that need to be built 3D animation learning applications, especially on the object rendering material for students to use as a means of learning and facilitate lecturers in delivering the material. Subject in this research is 3DMax multimedia application as 3D learning media of Animation on object rendering. Data collection in this research using literature study method, observation method, and interview method. Applications are prepared by procedures that include identifying the problems obtained, needs analysis, designing concepts, designing contents, design documents and navigation diagrams, designing scripts, designing graphics, producing systems, testing systems with black boxes and alpha test. The result of this research is multimedia application as learning media of 3D animation on object rendering material for student of Broadcast Study Program at AKOM BSI Jakarta which based on result of testing it can be concluded that this learning application can help the learning process in students to understand the material and can be used as a tool lecturer to support 3D animation learning.

Keywords: 3D Animation, Object Rendering , Learning, Multimedia

1. PENDAHULUAN

Multimedia telah mengubah budaya pemakai untuk berinteraksi dengan komputer melalui penggabungan media teks, grafik, suara, dan animasi. Salah satu bidang yang membutuhkannya adalah bidang pendidikan yaitu dengan suatu bentuk pengajaran dan pembelajaran yang interaktif agar lebih memudahkan dalam memahami pelajaran yang disajikan. Kadang kala kegiatan pembelajaran dihadapkan pada materi yang tidak dapat dilakukan secara klasikal. Misalnya suatu percobaan membutuhkan

waktu lama, sedangkan waktu pembelajaran terbatas yaitu 110 menit atau objek sebenarnya sulit untuk diperlihatkan dan dieksplorasi oleh mahasiswa. Sedangkan dalam pokok bahasan rendering objek ini mempelajari tentang representasi objek 3D dan proses rendering objek. Berdasarkan hasil wawancara dengan dosen Pengampu untuk mata kuliah Animasi 3D bapak Sultan Himawan, M.Ikom pada tanggal 28 Desember 2017 menyatakan bahwa masih banyak mahasiswa yang mendapatkan nilai kurang baik dalam ujian akhir semester. Soal ujian

akhir semester pada mata kuliah animasi 3D meliputi materi sejarah perkembangan animasi, Pengantar OpenGL, Transformasi 2D dan 3D, Representasi objek 3D dan Ray Tracing dimana bobot soal lebih dititikberatkan ke materi representasi objek 3D dan Ray Tracing. Berdasarkan hasil Ujian Akhir semester TA 2015/2016, dari 240 mahasiswa diperoleh fakta 161 mahasiswa atau 60,08% memperoleh nilai dibawah 60. Dosen juga menjabarkan bahwa rendering objek adalah materi yang sulit bagi mahasiswa karena rendering objek mempunyai beberapa komponen penting untuk menghasilkan objek dari proses rendering yang salah satunya adalah algoritma rendering dimana mahasiswa kesulitan dalam memahami algoritmanya. Berdasarkan data hasil kuisioner yang di peroleh dari 20 mahasiswa yang telah dan sedang mengambil mata kuliah grafika komputer, sebagian besar menyebutkan bahwa materi rendering objek sangat sukar untuk dipahami, dengan jumlah 14 mahasiswa atau 70% mahasiswa mengatakan setuju, sulitnya mengerjakan soal-soal pada matakuliah animasi 3D untuk materi rendering objek dengan 16 mahasiswa atau 80% mengatakan setuju, mahasiswa tidak cukup mempelajari materi saja hanya melihat *power point* dan penjelasan dari dosen pada perkuliahan saja dengan 18 mahasiswa atau 90% mengatakan setuju, tingkat pemahaman dan minat belajar mahasiswa khususnya mata kuliah animasi 3D untuk materi rendering objek masih kurang kalau hanya diperkuliahan saja dengan 16 mahasiswa atau 80% mengatakan setuju. Oleh karena itu, 85% mahasiswa mengharapkan adanya alat bantu lain yang lebih interaktif yaitu berupa media pembelajaran tentang materi rendering objek.

Berdasarkan latar belakang di atas maka akan dibuat media belajar berbasis multimedia yang merupakan gambaran umum mengenai penjabaran tentang materi animasi 3D. Tujuannya adalah untuk membantu mempermudah dosen dan mahasiswa dalam

memberikan dan memahami materi rendering objek pada mata kuliah tersebut.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian terdahulu dengan judul "Rekayasa perangkat lunak objek 3D menggunakan VB" oleh Herni Ardani. Dalam penelitian ini, penulis mengaplikasikan proses-proses dalam pembuatan objek tiga dimensi dengan menggunakan 3DMax seperti pencahayaan, sudut pandang dan beberapa proses lain pembentuk objek tiga dimensi pada objek yang masih berbentuk dua dimensi.

Penelitian yang akan dilakukan juga mengacu pada penelitian yang berjudul "Perbandingan algoritma *Scanline*, algoritma *Ray-Casting* dan algoritma *Ray-Tracing* terhadap akurasi pencahayaan pada piranti lunak 3DMax" oleh Eva Handriyanti yang dalam penelitiannya melakukan perbandingan kualitas suatu objek yang fotorealistik dengan beberapa algoritma rendering sehingga diperoleh algoritma apa yang sebaiknya digunakan dalam komputer grafik 3D untuk proses render suatu objek dengan akurasi pencahayaan paling optimal. Penelitian ini didukung dengan visualisasi gambar tiap tahapan proses render sehingga menampilkan informasi secara detail.

Kajian terdahulu yang lain adalah aplikasi "Pembuatan Media Pembelajaran Untuk Proses Konversi Pada Finate Automata Berbasis Multimedia" oleh Wantah Satria. Penelitian ini membahas materi-materi dalam mata kuliah Teori Bahasa Automata khususnya pada proses konversi pada *finite automata* dengan menggunakan Adobe Flash Cs3. Dalam penelitiannya menyampaikan pembahasan materi dengan suatu metode, tampilan menu program, kesesuaian warna, dan dengan menggabungkan antara *Articulate Quizmaker '09* dengan *Flash Cs3* yang sudah cukup baik. Aplikasi ini mampu mensimulasikan proses konversi pada *finite automata* dan juga terdapat soal evaluasi yang hasil evaluasinya dapat dikirim ke email

dosen pengampu.

Berdasarkan penelitian-penelitian diatas, maka penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan bagaimana menciptakan sebuah alat dalam pembelajaran mata kuliah animasi 3D yang meliputi tampilan, kesesuaian animasi, demo analisis dan menambah referensi tentang media bantu pembelajaran interaktif khususnya materi rendering objek pada mata kuliah animasi 3D sehingga mahasiswa akan dapat menguasai materi dengan benar baik dari segi teori dan praktek. Dalam aplikasi multimedia ini selain menampilkan sesi tutorial materi dalam materi yang interaktif juga akan menampilkan beberapa latihan soal yang berfungsi sebagai evaluasi.

2.1 Konsep Dasar Objek 3D

Objek 3D adalah representasi dari data geometrik 3 dimensi sebagai hasil dari pemrosesan dan pemberian efek cahaya terhadap grafika komputer 2D. Hasil ini kadang kala ditampilkan secara waktu nyata (*real time*) untuk keperluan simulasi. Secara umum prinsip yang dipakai adalah mirip dengan objek 2D, dalam hal: penggunaan algoritma, grafika vektor, model frame kawat (*wire frame model*), dan grafika rasternya.

Objek 3D sering disebut sebagai model 3D. Namun, model 3D ini lebih menekankan pada representasi matematis untuk objek 3 dimensi. Data matematis ini belum bisa dikatakan sebagai gambar grafis hingga saat ditampilkan secara visual pada layar komputer atau printer. Proses penampilan suatu model matematis ke bentuk citra 2D biasanya dikenal dengan proses 3D rendering.

2.2 Representasi Objek 3D

Untuk mempresentasikan Objek 3D dapat dilakukan dengan beberapa metode, diantaranya:

A. Persamaan Geometri

Suatu objek 3D dapat direpresentasikan

langsung dengan menggunakan persamaan geometri dari objek tersebut.

B. Constructive Solid Geometry (CSG)

CSG adalah suatu cara membentuk object dengan jalan menggabungkan atau memotong (mengurangi) dari beberapa object primitif 3D.

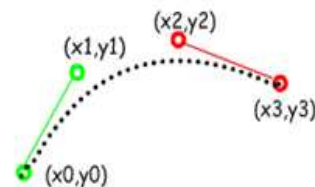
Operator-operator yang digunakan untuk membentuk objek CSG diantaranya adalah :

1. Penggabungan (*union*).
2. Perpotongan (*intersection*).
3. Perbedaan (*difference*).

Perbedaan CSG dengan obyek geometri biasa terletak pada perbedaan perhitungan waktu saat cahaya menabrak obyek tersebut.

C. Kurva & Permukaan Bezier

Kurva Bezier dibentuk oleh 4 buah titik, 1 titik berfungsi sebagai titik awal (x_0, y_0), 1 sebagai titik akhir (x_3, y_3) dan 2 titik yang lain yaitu (x_1, y_1) dan (x_2, y_2) berfungsi sebagai titik kontrol.



Gambar 1. Titik-titik pada kurva Bezier

Kurva Bezier adalah sebuah fungsi yang didefinisikan diatas parameter tunggal yang menyisipkan urutan titik-titik. Ketika parameternya berubah, jalur garis terbentuk dari titik pertama menuju titik terakhir, bergerak sepanjang kurva yang dipengaruhi oleh titik kontrol.

2.3 Konsep Dasar Rendering Objek 3D.

Rendering merupakan sebuah proses untuk menghasilkan sebuah citra 2D dari data 3D. Proses ini bertujuan untuk memberikan visualisasi pada user mengenai data 3D tersebut melalui monitor atau

pencetak yang hanya dapat menampilkan data 2D.

Gambar yang dibuat melalui proses rendering digital adalah gambar digital atau *raster image*, jenis gambar yang sama dengan yang biasa kita lihat sehari-hari pada desktop komputer atau *wallpaper*. Gambar digital tersebut dibuat melalui proses rendering digital sebagai langkah besar terakhir sebelum disusun menjadi animasi. Animasi sebagai tujuan akhir biasa digunakan dalam film, video game, permainan komputer, simulator, dan untuk efek khusus di televisi. Masing-masing menggunakan proses rendering digital yang menggunakan fitur dan teknik berbeda untuk mencapai hasil yang diinginkan.

Secara umum, proses untuk menghasilkan *rendering* dua dimensi dari objek-objek 3D melibatkan 5 komponen utama :

1. Geometri
2. Kamera
3. Cahaya



4. Karakteristik Permukaan
5. Algoritma Rendering

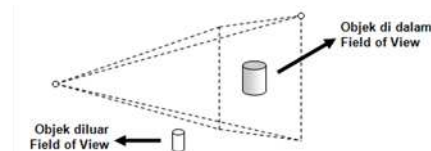
Gambar 2. Skema Proses Rendering

2.3.1. Kamera

Dalam grafik 3D, sudut pandang (*point of view*) adalah bagian dari kamera. Kamera dalam grafik 3D biasanya tidak didefinisikan secara fisik, namun hanya untuk menentukan sudut pandang kita pada sebuah world, sehingga sering disebut virtual camera.

Pada kamera, dikenal *field of view* yaitu daerah yang terlihat oleh sebuah kamera. *Field of view* pada grafik 3D berbentuk piramid, karena layar monitor sebuah computer berbentuk segiempat. Objek-objek yang berada dalam *field of view* ini akan terlihat dari layar monitor,

sedang objek-objek yang berada di luar *field of view* ini tidak terlihat pada layar monitor. *Field of view* ini sangat penting dalam pemilihan objek yang akan diproses dalam rendering. Objek-objek diluar *field of view* biasanya tidak akan diperhitungkan, sehingga perhitungan dalam proses rendering, tidak perlu dilakukan pada seluruh objek.



Gambar 3. Sudut field of view

2.3.2. Cahaya

Sumber cahaya pada grafika 3D merupakan sebuah objek yang penting, karena dengan cahaya ini sebuah world dapat terlihat dan dapat dilakukan proses rendering. Sumber cahaya ini juga membuat sebuah world menjadi lebih realistis dengan adanya bayangan dari objek-objek 3D yang ada.

Sebuah sumber cahaya memiliki jenis. Pada grafika 3D dikenal beberapa macam sumber cahaya, yaitu :

1. Point light

Memancar ke segala arah, namun intensitas cahaya yang diterima objek bergantung dari posisi sumber cahaya. Tipe ini mirip seperti lampu pijar dalam dunia nyata.

2. Spotlight

Memancarkan cahaya ke daerah tertentu dalam bentuk kerucut. Sumber cahaya terletak pada puncak kerucut. Hanya objek-objek yang terletak pada daerah kerucut tersebut yang akan nampak.

3. Ambient light

Cahaya latar/alam. Cahaya ini diterima dengan intensitas yang sama oleh setiap permukaan pada benda. Cahaya latar tersebut dimodelkan mengikuti apa yang terjadi di alam, dalam keadaan tanpa sumber cahaya sekalipun, benda masih dapat dilihat.

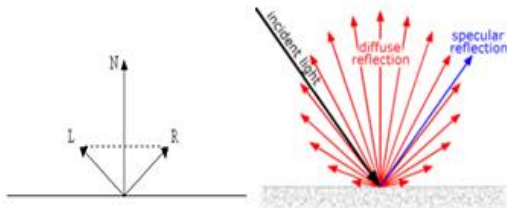
4. Area light

a. **Directional light**

Memancarkan cahaya dengan intensitas sama ke suatu arah tertentu. Letak tidak mempengaruhi intensitas cahayanya. Tipe ini dapat menimbulkan efek seolah-olah sumber cahaya berada sangat jauh dari objek.

b. **Parallel point**

Sama halnya dengan *directional light*, hanya pencahayaan ini memiliki arah dan posisi.



Gambar 4. Pemantulan Cahaya

2.4. Karakteristik Permukaan

Karakteristik permukaan dari sebuah objek adalah sifat dari permukaan sebuah objek. Karakteristik permukaan ini meliputi:

1. Warna

Parameter warna dalam karakteristik permukaan direpresentasikan dengan tiga warna dasar yaitu RGB. Saat rendering, warna pada sebuah objek tergantung dari warna dalam karakteristik permukaan dan warna cahaya yang mengenainya.

2. Tekstur

Parameter tekstur direpresentasikan dengan sebuah nama file. File ini akan menjadi tekstur pada permukaan objek tersebut. Selain itu juga ada beberapa parameter dalam tekstur yang berguna untuk menentukan letak tekstur pada sebuah objek, sifat tekstur, perulangan tekstur, dan lain-lain.

3. Sifat Permukaan

Sifat Permukaan, seperti diffuseness, reflektivitas, dan lain-lain direpresentasikan dengan sebuah nilai. Nilai ini menentukan sifat dari parameter-parameter tersebut. Misalnya pada

roughness, makin besar nilai parameternya, makin kasar objek tersebut.

4. Algoritma Rendering

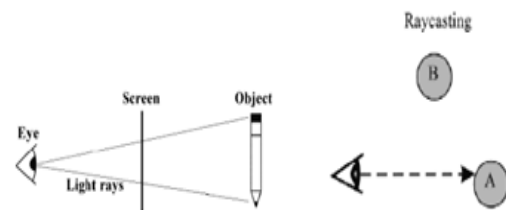
Algoritma rendering adalah prosedur yang digunakan oleh suatu program untuk mengerjakan perhitungan untuk menghasilkan citra 2D dari data 3D.

Kebanyakan algoritma rendering yang ada saat ini menggunakan pendekatan yang disebut *scan-line rendering* yang berarti program melihat dari setiap pixel, satu per satu, secara horizontal dan menghitung warna di pixel tersebut.

Saat ini dikenal 3 metode :

1. Ray-Casting

Metode dimana gambar dari seluruh permukaan objek yang terlihat diperoleh dengan cara memancarkan garis sinar dari kamera/viewer menuju objek dan proses dilaksanakan dalam tiap pixel dari layar monitor.

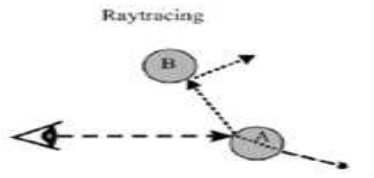


Gambar 5. (a). Dasar Ray-Casting, (b). Hasil pencahayaan dengan Ray-Casting.

2. Ray-Tracing

Metode ini memberikan hasil yang hampir sama dengan Ray-Casting, tetapi mampu memberikan efek optik yang lebih baik, seperti simulasi dari refleksi dan refraksi yang lebih akurat dengan hasil output yang lebih baik.

Ray tracing bekerja dengan mencari jejak (tracing) sebuah garis cahaya yang berpotongan (intersect) dengan lensa kamera, sehingga berbagai informasi visual dari seluruh scene dikumpulkan dan dihasilkan pada titik pandang dari kamera/mata.

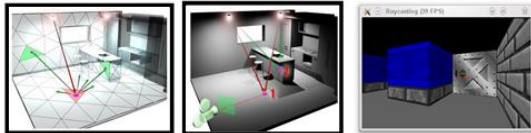


Gambar 6. Hasil pencahayaan dengan metode Ray-Tracing.

3. Radiosity

Metode ini merupakan teknik render berdasarkan analisis rinci refleksi cahaya dari permukaan difusi. Teknik ini membagi bidang menjadi bidang yang lebih kecil untuk menemukan detail warna sehingga prosesnya berlangsung lambat, namun visualisasi yang dihasilkan sangat rapi dan halus.

Beberapa contoh hasil rendering dengan algoritma rendering diatas terlihat dalam gambar berikut.



(a) (b) (c)
Gambar 7. (a). Radiosity, (b). Ray tracing, (c). Ray

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Metode Pengumpulan Data

3.1.1 Metode Studi Pustaka

Metode ini digunakan dengan cara membaca buku-buku pustaka/referensi yang berkaitan dengan Animasi 3D seperti Buku *Computer Graphics* karya James D. Foley, materi *Slide Show power point animasi 3D* serta mempelajari laporan- laporan dan buku-buku lain yang berkaitan dengan penelitian.

3.1.2 Metode Interview (wawancara)

Merupakan Metode yang dilakukan dengan cara tanya jawab langsung kepada

mahasiswa yang pernah atau sedang mengambil mata kuliah animasi 3D. Metode ini dilakukan untuk memastikan bahwa data yang diperoleh tentang materi rendering objek 3D pada mata kuliah animasi 3D benar-benar sesuai dengan fakta yang ada.

3.1.3 Metode Observasi

Merupakan metode pengamatan secara langsung terhadap cara pembelajaran animasi 3D yang ada saat ini. Selain melakukan pengamatan juga melakukan pencatatan dokumen yang berkaitan dengan subjek penelitian secara cermat dan sistematis.

3.1.4 Metode Koesioner

Metode ini dilakukan dengan cara memberikan kuisioner kepada mahasiswa yang telah mengambil mata kuliah animasi 3D untuk melihat permasalahan yang dihadapi mahasiswa dalam pembelajaran dikelas, terutama dalam pembelajaran materi Rendering Objek.

3.2 Analisis Data

Tahap analisis data merupakan tahap yang sangat penting, karena kesalahan pada tahap ini akan menyebabkan kesalahan pada tahap penelitian selanjutnya. Analisis data penelitian ini dilakukan dengan cara mengklasifikasikan data yang berfungsi untuk mengelompokkan data yang sesuai dengan jenis dan fungsinya. Data yang berhasil dikumpulkan berupa data suara, data gambar, data teks, data animasi, serta informasi yang berhubungan dengan data tentang materi tersebut yaitu objek 3D dan proses rendering objek 3D.

3.3 Metode Perancangan Sistem

Tahap perancangan sistem merupakan kelanjutan dari analisis data, sehingga data yang akan dibuat dapat disusun dengan mudah, dan tepat pada sasaran yang telah ditetapkan sebelum menyusun suatu aplikasi. Langkah yang harus dilakukan adalah dengan membuat rancangan aplikasi

terhadap permasalahan yang dibahas dengan harapan agar pembuatan aplikasi tidak meluas dari pokok permasalahan.

3.3.1. Rancangan antar muka

Implementasi aplikasi Media Pembelajaran Proses Rendering Objek adalah sebagai berikut:

3.3.2 Tampilan Halaman Menu Utama



Gambar 8. Halaman Menu Utama

Tampilan halaman Menu Utama ditampilkan ketika tombol Enter pada halaman intro di klik. Halaman menu utama memiliki 7 tombol utama, yaitu tombol menu untuk kembali ke menu utama ketika sedang memasuki halaman lainnya, tombol pengantar untuk memasuki halaman kompetensi dan pendahuluan, tombol materi untuk menuju ke materi Objek 3D dan Proses rendering, tombol latihan ke halaman latihan, tombol evaluasi menuju halaman evaluasi, tombol about me menuju halaman About me, tombol exit(X) untuk keluar dari program dan tombol volume untuk pengaturan suara.

3.3.3 Tampilan Halaman Materi



Gambar 9. Halaman Materi

Halaman ini menampilkan sub-sub menu yang ada pada halaman menu materi.

3.3.4 Tampilan Halaman Tutorial



Gambar 10. Halaman Tutorial

Halaman ini menampilkan video tutorial proses rendering menggunakan 3D Studio Max.

3.3.5 Tampilan Halaman Latihan



Gambar 11. Halaman Latihan

Halaman ini menyajikan latihan soal dari keseluruhan materi dengan cara memasukkan jawaban kemudian mengecek apakah hasilnya benar atau salah. Jika jawaban benar maka akan lanjut ke soal berikutnya dan jika jawaban salah maka akan ada pemberitahuan untuk jawaban yang benar.

3.3.6 Tampilan Halaman Evaluasi



Gambar 11. Halaman Evaluasi

Halaman ini menampilkan soal evaluasi.

3.3.7 Pengujian Sistem

Pengujian sistem ini menggunakan dua jenis pengujian yaitu

1. Black Box Test

Pengujian ini dilakukan oleh Bapak Sultan Himawan, M.Ikom. dosen matakuliah Animasi 3D di AKOM BSI Prodi Penyiaran. Dari hasil uji prosentasi tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa materi yang disampaikan sudah sesuai.

2. Alpha Test

User yang melakukan test dalam metode ini adalah mahasiswa AKOM BSI Prodi Penyiaran yang telah dan sedang menempuh matakuliah Animasi 3D yang berjumlah 10 orang mahasiswa.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan dari ha silpembahasan dapat disimpulkan :

1. Telah dibuat aplikasi program bantu pembelajaran yang interaktif sebagai sarana belajar animasi 3D dengan materi rendering objek 3D.
2. Aplikasi pembelajaran menggunakan computer berbasis multimedia ini merupakan program aplikasi yang dapat digunakan sebagai pegangan belajar mata kuliah Animasi 3D, khususnya materi rendering objek 3D untuk mahasiswa jurusan Penyiaran di AKOM BSI Jakarta.
3. Sistem yang dibuat telah diujikan kepada

user mahasiswa dan dosen dengan hasil user setuju bahwa sistem yang dibuat telah sesuai dengan kebutuhan saat ini, dimana sistem dapat dijadikan pendamping dalam proses belajar mata kuliah kecerdasan buatan khususnya materi rendering objek 3D.

REFERENSI

- Ardani, Herni. 2001. *Rekayasa perangkat lunak objek 3D menggunakan VB*. Yogyakarta: Skripsi S-1, Universitas Ahmad Dahlan
- Foley, James D. 1996, *Computer graphics: principles and practice The system programming series, Addison-Wesley systems programming series*. USA: Addison-Wesley.
- Handriyanti, Eva, 2010, *Perbandingan algoritma Scanline, algoritma Ray-Casting dan algoritma Ray-Tracing terhadap akurasi pencahayaan pada piranti lunak 3Ds Max*. Malang :skripsi S-1, Sekolah Tinggi Informatika dan Komputer Indonesia (STIKI).
- Liliana, dkk.2006. *Pembuatan Generator Ruled Surface dan Rotational Object Dengan Menggunakan Kurva Bezier dan B-splines*.Surabaya: Jurnal. UK Petra.
- Nasution, S. 2006. *Berbagai Pendekatan Dalam Proses Belajar Dan Mengajar*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Murinho. 2011, *rendering objek 3D, yogyakarta, materi slideshow grafika lanjut*, Universitas Ahmad Dahlan.
- Satria, Wantah. 2011. *Pembuatan Media Pembelajaran Untuk Proses Konversi Pada Finate Automata Berbasis Multimedia*. Yogyakarta: Skripsi S-1, Universitas Ahmad Dahlan

