ABSTRAK

Animasi objek 3D (tiga dimensi) ditampilkan melalui komputer berlatar belakang *video streaming* secara *real time.* Augmented reality merupakan tampilan keadaan lingkungan sekitar yang di-"sisipkan" visualisasi objek 3D, maka seolah-olah muncul objek 3D pada dunia nyata. Animasi objek 3D muncul dari pengenalan pola (*pattern*) tertentu secara *real time* (tersiar langsung) melalui *webcam*. Pola *(pattern)* atau lebih dikenal dengan nama marker, menjadi "tombol" untuk memunculkan objek 3D. Objek dapat keluar sesuai dengan pola-pola yan dikenalkan masing-masing disebabkan dari sistem pendeteksi marker yang digunakan oleh augmented reality. Saat ini ada beberapa pendeteksi marker yang dapat digunakan, salah satunya ARToolKit. Pada library ARToolKit marker harus berupa pola yang berbentuk persegi empat dan menyerupai bingkai bewarna hitam dengan gambar di tengahnya.

Nilai-nilai yang diujikan dalam penelitian ini berfokus pada materi-materi yang dijadikan objek 3D, produk nyata yang dibuat menggunakan augmented reality, besarnya ukuran objek 3D dan lama waktu untuk melakukan *load* objek pada tekhnologi augmented reality.

Berdasarkan pengujian yang dilakukan bahwa jika gambar objek 3D memiliki skala yang semakin besar akan semakin jelas augmented reality dalam menampilkan gambar. Serta semakin tebal bingkai pada marker akan semakin sempurna pendeteksi marker dalam pengenalan marker untuk memunculkan objek 3D.

Kata Kunci : *Augmented Reality*, ArToolKit, *Marker*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Metode pembelajaran menghafal catatan dari pengajar masih menimbulkan kesulitan bagi sebagian siswa dalam memahami materi. Pada dasarnya untuk dapat menghafal dengan benar diperlukan keseimbangan penggunaan dari otak kiri dan otak kanan (seni). Maka diperlukan bentuk materi pelajaran yang tidak hanya berbentuk tulisan namun juga memiliki interaksi dan seni. Sehingga menstimulus otak kanan untuk dapat membantu penghafalan dan pemahaman yang lebih baik. Multimedia pembelajaran sangat membantu siswa dalam meningkatkan pemahaman siswa, misalnya dengan aplikasi presentasi seperti Microsoft Power Point, dan bisa ditambahkan multimedia film dan video serta efek animasi yang memperkuat pemahaman siswa.

Pengembangan dan pembuatan media pembelajaran berbasis tekhnologi informasi dan komunikasi (TIK) harus mempunyai acuan atau kriteria yang baik dari tiga aspek, yaitu aspek rekayasa perangkat lunak (meliputi efektivitas dalam pengembangan maupun penggunaan media pembelajaran), aspek desain pembelajaran (meliputi kesesuaian tujuan pembelajaran dengan kurikulum), dan aspek komunikasi visual (meliputi komunikatif, sesuai dengan pesan dan dapat diterima sesuai dengan sasaran). Sebuah inovasi dari grafik komputer yang dapat menyajikan visualisasi dan animasi dari sebuah model objek yang dinamakan Augmented Reality. Augmented reality merupakan teknologi yang menggabungkan dunia maya dengan dunia nyata secara *real time* menggunakan komputer sehingga batas diantara keduanya tidak jauh berbeda.

Pada tugas akhir ini, penulis ingin memanfaatkan keunggulan dari teknologi Augmented reality dalam membantu menvisualisasikan animasi objek dengan membuat sebuah aplikasi yang berisi peragaan animasi objek untuk mendukung materi buku pelajaran ilmu pengetahuan alam. Yang melingkupi materi geologi, matematika, fisika, biologi, kimia,. Aplikasi ini diterapkan ke dalam Augmented

reality, hal ini dimaksudkan untuk menampilkan secara nyata bentuk sebuah animasi objek secara 3D (tiga dimensi) dari dalam buku tersebut. Secara garis besar prosesnya adalah dengan pembacaan sebuah marker yang ada dalam buku yang akan di-*capture* oleh kamera, mendeteksi marker tersebut dan bila marker dikenali maka akan menampilkan animasi model objek yang sudah dibuat secara 3D pada layar monitor menggunakan OpenGL. Aplikasi ini diharapkan dapat menjadi media pembelajaran bagi pengguna yang ingin mengetahui tentang peragaan materi ilmu pengetahuan alam.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, penulis merumuskan masalah penelitian menjadi

1. **Bagaimana Augmanted Reality media pembelajaran ilmu pengetahuan alam dapat memudahkan pemahaman siswa ?**
2. **Apakah aplikasi Augmented Reality layak menjadi media pembelajaran?**

1.3 Batasan Masalah

Untuk menjaga agar topik bahasan tidak melebar terlalu luas, maka penulis membatasi masalah ini antara lain:

1. Aplikasi hanya visualisasi buku ajar virtual ilmu pengetahuan alam siswa kelas IX Sekolah Menengah Pertama.
2. Isi materi buku pelajaran bukan tanggung jawab penulis.
3. Aplikasi ini hanya mendeteksi marker segi empat.
4. Aplikasi ini hanya dapat dioperasikan dengan menggunakan personal komputer atau *notebook* yang memiliki kamera.

5. Penulis tidak akan membahas tentang bagaimana membangun *software library* Augmented Reality.
6. Metode Augmented reality yang digunakan adalah metode *marker based tracking.*

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini untuk membuat aplikasi augmented reality sebagai visualisasi buku ajar virtual ilmu pengetahuan alam untuk kelas IX Sekolah Menengah Pertama agar membantu memudahkan pemahaman siswa dalam menguasai materi yang diberikan oleh pengajar. Serta menghasilkan aplikasi augmented reality yang layak menjadi media pembelajaran siswa.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini membuat pemahaman dan minat belajar siswa lebih meningkat, menjadi panduan tambahan untuk pengajar dalam menyampaikan materi, serta bertambahnya media pembelajaran bagi sekolah.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Media Pembelajaran

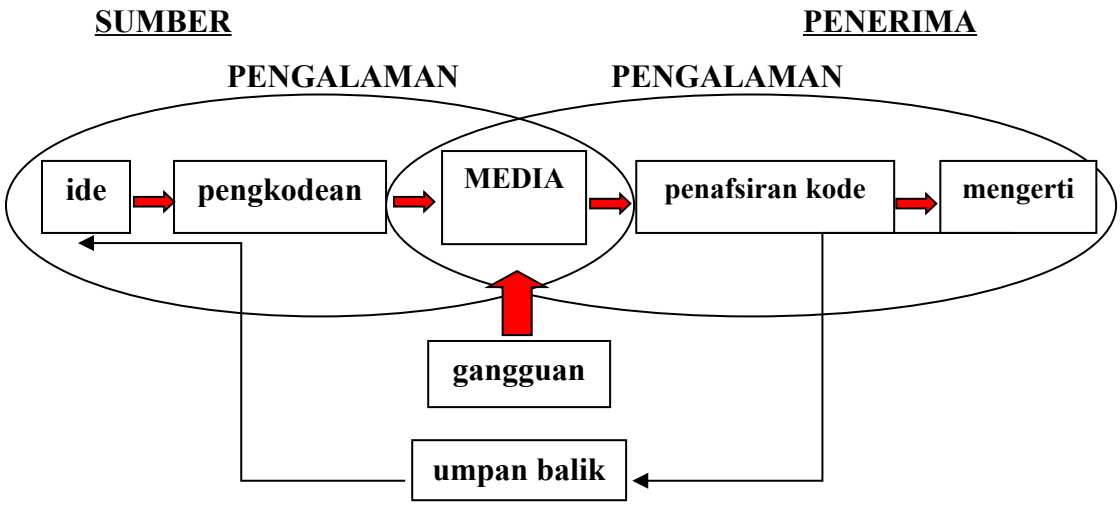
2.1.1. Definisi media pembelajaran

Media merupakan bentuk jamak dari kata Medium, dapat didefinisikan sebagai perantara atau pengantar terjadinya komunikasi dari pengirim menuju penerima, hal ini yang diungkapkan oleh Robert Heinich. Sedangkan menurut Costas Criticos bahwa media merupakan salah satu komponen komunikasi, yaitu sebagai pembawa pesan dari komunikator menuju komunikan. Dapat disimpulkan perlu adanya komunikasi dalam proses pembelajaran. Proses pembelajaran mengandung lima komponen komunikasi, guru (komunikator), bahan pembelajaran, media pembelajaran, siswa (komunikan), dan tujuan pembelajaran. Jadi, Media pembelajaran adalah segala sesuatu yang dapat digunakan untuk menyalurkan pesan (bahan pembelajaran), sehingga dapat merangsang perhatian, minat, pikiran, dan perasaan siswa dalam kegiatan belajar untuk mencapai tujuan belajar. (Santyasa, 2007)

2.1.2. Posisi media pembelajaran

Oleh karena proses pembelajaran merupakan proses komunikasi dan berlangsung dalam suatu sistem, maka media pembelajaran menempati posisi yang cukup penting sebagai salah satu komponen sistem pembelajaran. Dapat dianalogikan bahwa media merupakan bagian penting yaitu perantara yang utama dalam terjadinya komunikasi. Tanpa media, komunikasi yang terjadi dan proses pembelajaran tidak akan bisa berlangsung secara optimal. Media pembelajaran adalah komponen integral dari sistem pembelajaran.

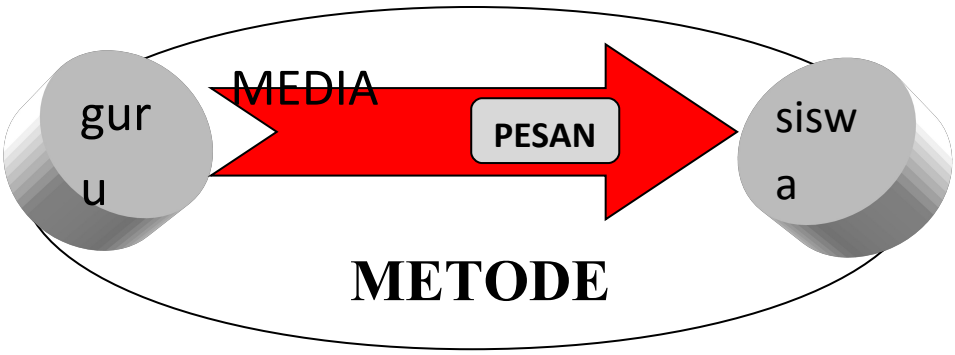
Posisi media pembelajaran sebagai komponen komunikasi ditunjukkan pada Gambar 2.0.



Gambar 2.0 Posisi Media dalam Sistem Pembelajaran

2.1.3 Fungsi Media Pembelajaran

Fungsi dari media pembelajaran adalah sebagai pembawa pesan dari pihak pengirim (guru) kepada pihak penerima (siswa). Prosedur penyampaian pesan agar dapat diterima dengan baik dan dimengerti dalam proses pembelajaran disebut metode Fungsi media dalam proses pembelajaran ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Fungsi media dalam proses pembelajaran

Menurut Gerlach dan Ely, berinteraksi dengan media dapat disesuaikan dengan fungsi media. Fungsi media dapat diketahui berdasarkan adanya kelebihan dan hambatan yang mungkin timbul dalam proses pembelajaran. ada tiga kelebihan kemampuan media (Santyasa, 2007):

1. Kemampuan fiksatif, artinya dapat menangkap, menyimpan, dan menampilkan kembali suatu kejadian
2. Kemampuan manipulative, artinya media dapat menampilkan kembali obyek atau kejadian dengan melakukan perubahan sesuai yang diperlukan.
3. Kemampuan distributive, artinya media mampu menjangkau audien yag banyak hanya dalam sekali penampilan secara serempak.

Sedangkan hambatan komunikasi yang mungkin timbul:

1. Verbalsme, biasanya disebabkan karena hanya mendapat penjelasan secara lisan. Hanya mengetahui kata tersebuta namun tidak mengerti arti dan penulisannya.
2. Salah tafsir, biasanya disebabkan karena penjelasan tanpa ada praktek. Pemahaman siswa satu dengan lainnya akan berbeda walaupun membahas materi yang sama.
3. Perhatian tidak berpusat, kurangnya konsentrasi yang disebabkan faktor–faktor yang tidak berhubungan dengan pembelajaran.
4. Tidak terjadinya pemahaman, kurang memiliki kebermaknaan logis dan psikologis. Tidak terjadi prose berpikir yang logis mulai dari kesadaran hingga timbulnya konsep.

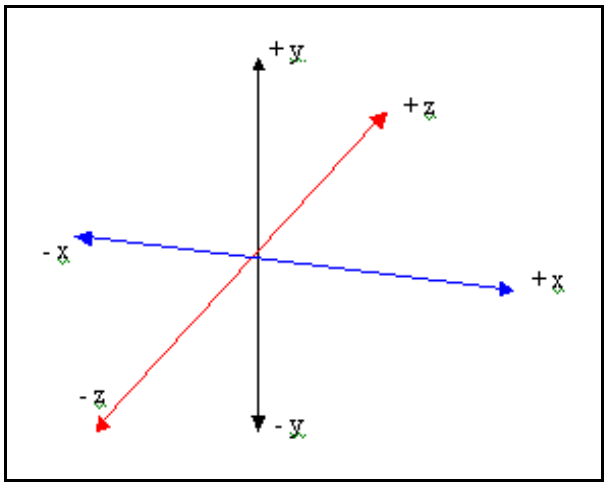
2.2. Grafik Komputer

Pada tahun 1960, William Fetter menemukan istilah “Grafik komputer”. Proses pembuatan, penyimpanan dan manipulasi citra dan model yang berasal dari beberapa bidang, seperti fisik, matematik, artistik dan bahkan struktur abstrak. Sekumpulan alat yang digunakan baik perangkat keras atau piranti lunak digunakan untuk membuat gambar serta melakukan interaksi pada gambar dengan cara-cara seperti yang biasa digunakan. Dan dengan menggunakan fasilitas-fasilitas tersebut maka memudahkan programmer untuk membuat program-program grafis yang akan memudahkan interaksi manusia kepada komputer. Dengan memvisualisasikan kata-kata menjadi bentuk-bentuk dan ikon-ikon yang lebih mudah dipahami maka semakin memudahkan pengguna melakukan interaksi dengan komputer.

Implementasi grafik komputer yang diaplikasikan pada program simulasi berbasis visual interaktif untuk gerak benda diharapkan dapat membantu dan mempercepat pemahaman dalam mempelajari tentang gerak benda sehingga dapat meningkatkan daya minat belajar karena cara yang dipakai dalam perangkat lunak ini lebih menarik dengan fasilitas menu yang sederhana. Grafik tiga dimensi dapat menggambarkan sebuah benda dalam dunia nyata menjadi sebuah objek yang terkesan hidup sedangkan pada grafik dua dimensi belum memimplementasikan dalam bentuk objek tiga dimensi (Marwanmaja, 2006).

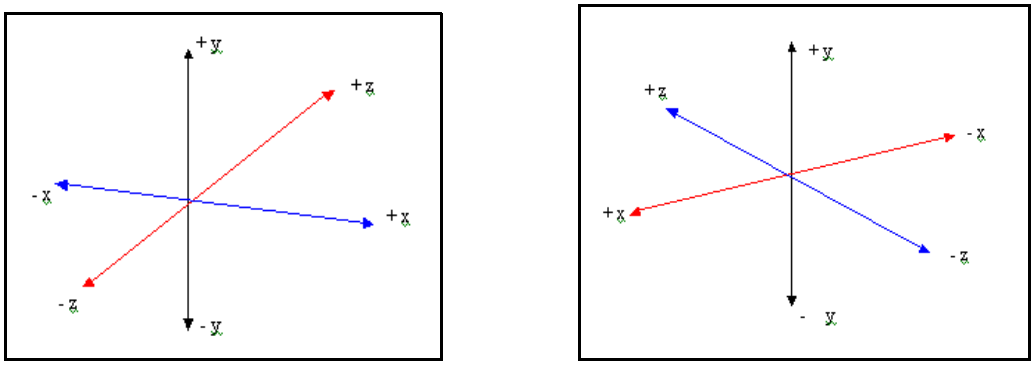
2.3. Dunia Dua Dimensi dan Tiga Dimensi

Dunia dua dimensi hanya menggunakan dua ukuran, yaitu panjang dan lebar. Sedangkan tiga dimensi menggunakan tiga ukuran, yaitu panjang, lebar, dan kedalaman. Perbedaan yang terjadi dari dua dimensi dan tiga dimensi akan tampak pada kedalaman yang didefinisikan sebagai jarak antara mata penglihat terhadap benda yang dilihat. Menyebabkan pada benda tiga dimensi memiliki kesan benda tersebut seperti semakin menjauh ke dalam atau bias juga timbul keluar. Menurut Dunn & Pabery **s**ecara geometri benda tiga dimensi memiliki tiga ukuran tersebut disimbolkan dengan sumbu: x, y, dan z.



Gambar 2.2 Sumbu Cartesian 3 Dimensi

Ada dua cara menyatakan sistem koordinat 3 dimensi yaitu aturan tangan kiri dan aturan tangan kanan.Pada dasrnya perbedaan antara dua aturan tersebut adalah kemana sumbu x+ menunjuk. Pada gambar 2.2 dan 2.3 atau aturan tangan kiri sumbu x+ ditunjuk oleh ibu jari dan mengarah kekanan sedangkan pada aturan tangan kanan sumbu x+ menuju arah kiri. Pada kedua aturan tersebut sumbu y+ maupun z+ menuju ke arah yang sama (Marwanmaja,2006).



(a) Aturan tangan kanan **(b) Aturan tangan kanan**

Gambar 2.3 Repesentasi sumbu 3 dimensi

2.3.1 Transformasi 2 Dimensi

Tranformasi merupakan metode untuk mengubah lokasi titik, apabila tranformasi dikenakan terhadap sekumpulan titik yang membentuk sebuah benda maka benda tersebut akan mengalami perubahan.Misalkan sebuah objek dua dimensi dengan titik P ditranformasikan ke titik Q dengan menggunakan rumus-rumus tertentu sehingga Q merupakn lokasi baru dari titik P.

Rumus : **(Qx , Qy) = T(Px , Py)** **(2.1)**

Atau dengan bentuk yang lebih sederhana:

Rumus : **Q = TP** **(2.2)**

2.3.2 Transformasi 3 Dimensi

Tranformasi pada dunia 3 dimensi pada dasarnya sama dengan tranformasi pada 2 dimensi hanya pada 3 dimensi kita juga memperhitungkan sumbu z. Sama seperti pada sumbu 2 dimensi ada 3 tranformasi dasar yang dapat dilakukan terhadap verteks yaitu:

1. Translasi
2. Penskalaan
3. Rotasi

Titik hasil tranformasi dapat diperoleh melalui rumus berikut ini

Q = P * M + tr **(2.3)**

Keterangan:

Q = (Qx, Qy, Qz) menyatakan matriks 1x3 yang berisi titik hasil tranformasi

P = (Px, Py, Pz) menyatakan matriks 1x3 yang berisi titik yang ditranformasi.

Tr = (trx, try, trz) menyatakan matriks 1x3 yang berisi banyaknya pergeseran pada sumbu x, y, dan z.

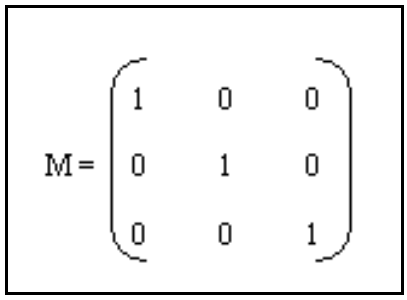
M = Matriks tranformasi berukuran 3x3 seperti contoh disamping ini:

$$M = \begin{pmatrix} m00 & m01 & m02 \\ m10 & m11 & m12 \\ m20 & m21 & m22 \end{pmatrix}$$

Gambar 2.4 Matriks Transformasi 3x3

2.3.3 Translasi 3 Dimensi

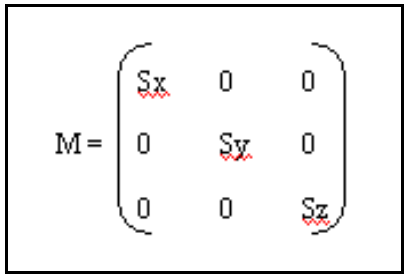
Translasi adalah tranformasi yang menghasilkan lokasi baru dari sebuah objek sejauh jarak pergeseran tr =(trx, trz).Translasi dilakukan dengan menggunakan matriks seperti contoh dibawah ini:



Gambar 2.5 Matriks Translasi 3x3

2.3.4 Penskalaan 3 Dimensi

Berbeda dengan translasi yang tidak mengubah bentuk objek, pada penskalaan akan mengubah bentuk objek sebesar skala sx, sy, sz .Penskalaan dilakukan dengan mengisi tr = (0, 0, 0) dan matriks M adalah sebagai berikut:



Gambar 2.6 Matriks Skala 3x3

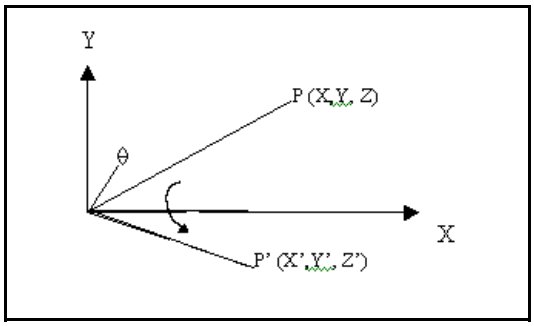
NILAI	KETERANGAN
(Sx, Sy, Sz) > 1	Pembesaran
(Sx, Sy, Sz) < -1	Pembesaran dengan pencerminan
-1 > (Sx , Sy , Sz) <1	Pengecilan dengan/tanpa pencerminan

Tabel 2.0 nilai Sx, Sy, Sz dan pengaruhnya

2.3.5 Rotasi 3 Dimensi

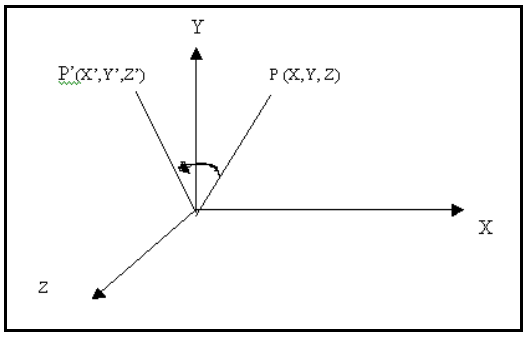
Berbeda dengan rotasi 2 dimensi yang menggunakan titik pusat (0,0) sebagai pusat perputarannya, rotasi 3 dimensi menggunakan sumbu koordinat

sebagai pusat perputarannya. Dengan demikian ada 3 macam rotasi yang dapat dilakukan yaitu rotasi sumbu X, rotasi sumbu Y, rotasi sumbu Z. Mengingat ada 3 sumbu rotasi maka matriks tranformasi yang digunakan juga bergantung kepada sumbu putar. Rotasi pada sumbu x adalah sebagai berikut :



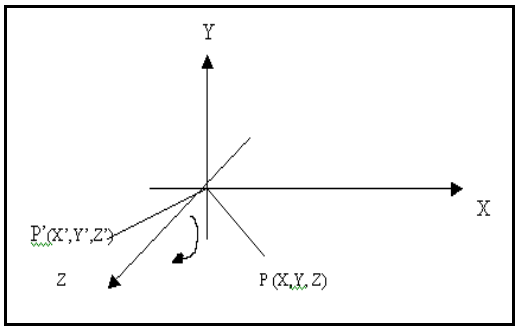
Gambar 2.7 Rotasi pada Sumbu X

Rotasi pada sumbu Y adalah sebagai berikut :



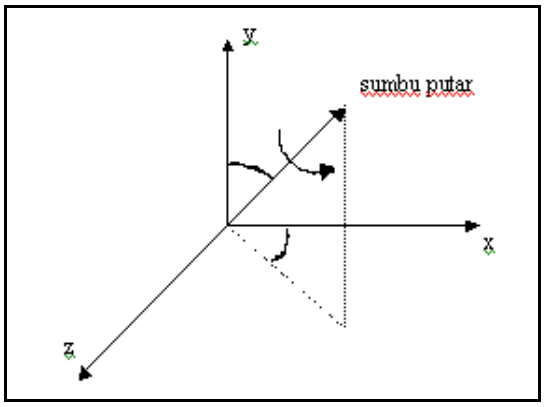
Gambar 2.8 Rotasi pada Sumbu Y

Rotasi pada sumbu Z adalah sebagai berikut :



Gambar 2.9 Rotasi pada Sumbu Z

Selain rotasi pada sumbu x , y, z ada juga rotasi gabungan dari ketiga sumbu tersebut dengan kata laian rotasi menggunakan sumbu bebas seperti dapat kita lihat pada gambar berikut ini:



Gambar 2.10 Rotasi pada Sumbu Bebas

2.4 Render

Proses pengaplikasian *shading model* kedalam *scene* dinamakan rendering. Rendering mentransformasikan *scene* menjadi *pixel* di layar komputer karena *pixel* merupakan unit terkecil yang dapat menerima sebuah pengalamatan yang ditujukan pada layar.

Kebanyakan orang pada umumnya menggemari sesuatu yang bergerak atau hidup bukannya sesuatu yang kaku atau statik. Render merupakan tahapan untuk membuat suatu objek yang awalnya hanya berupa garis dan gambar sehingga berkesan hidup biasa dengan kata lain bisa disebut rendering.

Rendering merupakan salah satu teknik memperjelas objek tiga dimensi sehingga dapat menghasilkan suatu gambar yang realistis(nyata) diantara dengan cara penambahan beberapa efek seperti pencahayaan dan bayangan. Pada proses rendering ini gambar dapat mempengaruhi hasil dari proses rendering yang diberjalan.

2.5 OpenGL

OpenGL adalah suatu graphic library yang sebagian bersifat open source, dipakai pada banyak platform (windows, linux) dan dapat digunakan pada

berbagai jenis compiler seperti C++ atau Delphi. OpenGL bukanlah bahasa pemrograman tetapi merupakan suatu Application Programming Interface (API).

OpenGL adalah suatu spefikasi grafik yang low-level yang menyediakan fungsi untuk pembuatan primitif termasuk titik, garis, dan lingkaran.OpenGL digunakan untuk keperluan-keperluan pemrograman grafis. OpenGL bersifat Open-Source, multi-platform dan multi-language serta digunakan mendefinisikan suatu objek, baik objek 2 dimensi maupun objek 3 dimensi. OpenGL juga suatu antarmuka pemrograman aplikasi (Application Programming Interface (API)) yang tidak tergantung pada piranti dan platform yang digunakan, sehingga OpenGL dapat berjalan pada sistem operasi Windows, UNIX dan sistem operasi lainnya. OpenGL pada awalnya didesain untuk digunakan pada bahasa pemrograman C/C++, namun dalam perkembangannya OpenGL dapat juga digunakan dalam bahasa pemrograman yang lain seperti Java, Visual Basic, Delphi, maupun Fortran. Namun OpenGL di-package secara berbeda-beda sesuai dengan bahasa pemrograman yang digunakan. Oleh karena itu, package tersebut dapat didownload pada situs http://www.opengl.org sesuai dengan bahasa pemrograman yang akan digunakan. OpenGL lebih mengarah pada prosedural daripada sebuah deskriptif API grafis. Untuk mendeskripsikan scene dan bagaimana penampilannya, programmer dituntut untuk menghasilkan efek yang diinginkan. Langkah tersebut termasuk memanggil banyak perintah OpenGL, Perintah tersebut digunakan untuk menggambarkan grafis primitif seperti titik, garis dan poligon dalam tiga dimensi. Sebagai tambahan, OpenGL mendukung lighting, shading, texture mapping, blending, transparency dan banyak efek khusus lainnya.

OpenGL merupakan lingkungan utama untuk mengembangkan portabel, interaktif 2D dan 3D aplikasi grafis. Sejak diperkenalkan pada tahun 1992, OpenGL telah menjadi paling banyak digunakan dan didukung industri 2D dan 3D grafis antarmuka pemrograman aplikasi (API), membawa ribuan aplikasi untuk berbagai platform komputer. OpenGL mendorong inovasi dan pengembangan kecepatan aplikasi dengan memasukkan satu set luas rendering, pemetaan tekstur, efek khusus, dan fungsi visualisasi yang kuat. Pengembang

dapat memanfaatkan kekuatan OpenGL di semua desktop populer dan platform workstation, memastikan penyebaran aplikasi yang luas.

2.5.1 Sintax Perintah OpenGL

Sintaks perintah OpenGL mengikuti aturan penulisan dari library dimana fungsi tersebut berasal, format penulisan fungsi OpenGL adalah :

<awalan library><perintah><optional jumlah argumen><optional tipe argumen>

Semua perintah OpenGL menggunakan awalan gl diikuti dengan huruf kapital pada setiap kata membentuk nama perintah (sebagai contoh glClearColor). Untuk mendefinisikan konstanta diawali dengan GL_, dengan menggunakan huruf kapital dan garis bawah untuk memisahkan kata (seperti GL_POLY_STIPPLE). Terkadang beberapa huruf dan angka ditambahkan pada akhir perintah (seperti 3f pada glVertex3f). Dalam hal ini angka 3 menunjukkan berapa banyak argumen yang harus ada pada perintah tersebut dan akhiran huruf f menunjukkan jenis datanya yaitu floating. Sebagai contoh pada dua perintah berikut ini :

```
glVertex3i(1,0,-2);
glVertex3f(1.0, 0.0, -2.0);
```

adalah sama yaitu meletakkan titik di layar pada koordinat x = 1, y = 0 dan z = -2, perbedaannya yaitu pada perintah pertama menspesifikasikan titik dengan tipe data integer 32-bit, sedangkan yang kedua dengan tipe data single precision floating point.

Beberapa perintah OpenGL menambahkan perintah huruf akhir v yang menunjukkan bahwa perintah tersebut menggunakan pointer ke array/vektor. Di bawah ini contoh perbedaannya.

```
float color_array[]={1.0,0.0,0.0}
glColor3f (1.0,0.0,0.0);
glColor3fv(color_array);
```

OpenGL menyediakan set perintah untuk menggambar dan semua penggambaran yang lebih tinggi tingkatnya harus dilakukan dengan mengambil fungsi dasar dari

perintah ini. Maka dari itu dapat dibuat library itu sendiri di atas program OpenGL yang mempermudah pemrograman lebih lanjut. Fungsi asli dari OpenGL sendiri selalu diawali dengan gl yang terdapat pada library opengl32.dll dan file header gl.h. Sedangkan beberapa library yang telah ditulis untuk menyediakan fungsi-fungsi tambahan pada OpenGL adalah :

1. OpenGL Utility Library (GLU) yang didalamnya terdapat sejumlah rutin yang menggunakan level bawah dari perintah OpenGL. Rutin-rutin ini mempunyai awalan glu. Library ini digunakan sebagai bagian dari implementasi OpenGL.
2. OpenGL Extension untuk X-Windows yang menyediakan fungsi untuk menciptakan OpenGL context dan mengasosiasikannya dengan mesin yang menggunakan X-Windows. Rutin-rutin ini mempunyai awalan glx.
3. Auxiliary atau aux library terdapat pada library glaux.lib dan file header glaux.h. Perintah yang akan digunakan selalu menggunakan awalan aux
4. OpenGL Utility Toolkit (GLUT) adalah toolkit untuk sistem windows yang ditulis oleh Mark Kilgard untuk menyembunyikan perintah API sistem windows yang kompleks.

Pada OpenGL mendeskripsikan objek dengan warna objek adalah proses yang berjalan sendiri-sendiri. Karena pada umumnya seorang programmer akan mengatur warna terlebih dahulu lalu menggambar objek. Sebelum warna diubah maka semua objek yang digambar sesudah perintah tersebut akan menggunakan warna terakhir yang terdapat pada coloring scheme.

Untuk warna digunakan perintah glColor3f(), jika lebih dari tiga maka argumen keempat adalah alpha yang akan dijelaskan pada bagian blending sebagai salah satu efek yang dipunyai OpenGL. Contoh berikut menunjukkan urutan langkah dalam proses spesifikasi warna sebelum objek digambar.

glColor3f(0.0,1.0,0.0); //setting warna
draw_object(A); //gambar objek A

2.5.2 Penggambaran Primitif Grafik Dasar

OpengGL menyediakan banyak fungsi untuk kebanyakan grafik primitif termasuk titik, garis dan lingkaran. Masing-masing perintah atau fungsi dalam OpenGL mempunyai format dan struktur yang sama. Ini memudahkan untuk mengetahui bagaimana jalannya fungsi, argumen yang dibutuhkan untuk melakukannya dan format tipe datanya. Pada tabel 2.1 menunjukan contoh perintah OpenGL yang digunakan, dan tabel 2.2 menunjukan format fungsi OpenGL.

Perintah	Arti	Keterangan
glVertex2i(x,y);	Lokasi titik berada (x,y)	Tipe argumennya adalah integer dan 2D (x,y)
glVertex2f(x,y);	Lokasi titik berada (x,y)	Tipe argumennya adalah float dan 2D (x,y)
glVertex3i(x,y,z);	Lokasi titik berada (x,y,z)	Tipe argumennya adalah integer dan 3D (x,y,z)
glVertex3f(x,y,z);	Lokasi titik berada (x,y,z)	Tipe argumennya adalah float dan 3D (x,y,z)
glClearColour(R,G,B,);	Warna latar belakang	Empat komponen warna RGBA
glColor3f(R,G,B)	Warna latar muka	Tiga komponen warna (RGB)
glColor4f(R,G,B,)	Warna latar muka	Empat komponen warna (RGBA)
glBegin(GL_POINTS);	Titik	Objek primitif
glBegin(GL_LINES);	Garis	Objek primitif
glBegin(GL_LINE_STRIP);	Poligaris	Objek primitif
glBegin(GL_LINE_LOOP);	Poligaris tertutup	Objek primitif
glBegin(GL_TRIANGLES);	Segitiga	Objek primitif
glBegin(GL_TRIANGLE_STRIP);	Segitiga	Objek primitif
glBegin(GL_TRIANGLE_FAN);	Segitiga	Objek primitif

glBegin(GL_QUADS);	Segiempat	Objek primitif
glBegin(GL_QUADS_STRIP);	Segiempat	Objek primitif
glBegin(GL_LINE_STIPPLE);	Garis putus-putus	Objek primitif
glBegin(GL_POLY_STIPPLE);	Poligon dengan pola tertentu	Objek primitif

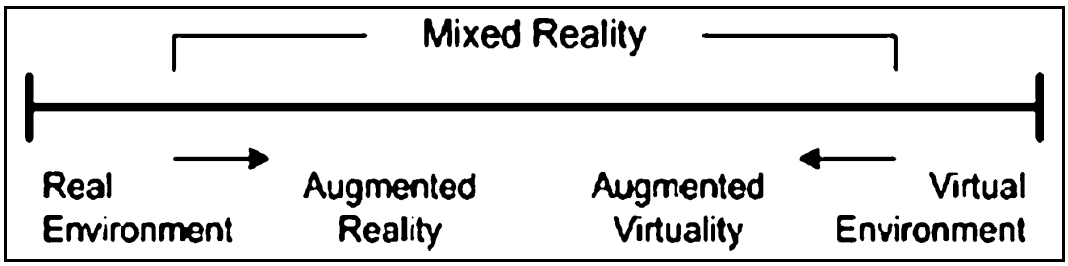
Tabel 2.1 Contoh-contoh Perintah dalam OpenGL

Suffix	Tipe Data	C++ atau C	OpenGL
B	Integer 8-bit	Signed char	GLbyte
S	Integer 16-bit	Short	GLshort
I	Integer 32-bit	Int atau long	GLint,GLsizei
F	Float 32-bit	float	GLfloat
D	Float 64-bit	Double	GLdouble

Tabel 2.2 Format Fungsi OpenGL

2.6 Augmented Reality

Augmented Reality (AR) dapat didefinisikan sebagai tampilan real-time langsung atau tidak langsung dari sebuah lingkungan fisik dunia nyata yang telah ditingkatkan / ditambah dengan menambahkan informasi virtual yang dihasilkan komputer. AR merupakan sebuah interaktif dan terdaftar di 3 dimensi serta menggabungkan benda-benda nyata dan virtual. Milgram Reality-Virtuality Continuum didefinisikan oleh Paul Stanley Milgram dan Fumio Kishino sebagai kontinum yang mencakup antara lingkungan nyata dan lingkungan virtual terdiri di antara Augmented Realitas dan Augmented Virtuality (AV), di mana AR lebih dekat dengan dunia nyata dan AV lebih dekat dengan lingkungan virtual murni (Setiawan, 2012).



Gambar 2.11 Kontinum virtualitas realitas

Augmented Reality bertujuan menyederhanakan hidup pengguna dengan membawa informasi virtual tidak hanya untuk lingkungan sekitarnya, tetapi juga untuk setiap pandangan tidak langsung dari lingkungan dunia nyata, seperti live-streaming video. AR meningkatkan persepsi dan interaksi pengguna dengan dunia nyata. Sementara Virtual Reality (VR) teknologi atau Virtual Lingkungan seperti yang disebut oleh Milgram, benar-benar menenggelamkan pengguna dalam dunia sintetis tanpa melihat dunia nyata, AR teknologi menambah arti realitas dengan melapiskan obyek virtual dan isyarat pada dunia nyata secara real time. Azuma berkata, kami tidak menganggap AR dibatasi untuk suatu jenis teknologi tampilan seperti head-mount display (HMD), kami juga tidak menganggap hal itu terbatas pada indra penglihatan. AR berpotensi dapat berlaku untuk semua indera, menambah bau, sentuhan dan pendengaran juga. AR juga dapat digunakan untuk menambah atau mengganti indra si pengguna yang hilang dengan substitusi sensorik, seperti menambah mata pengguna yang buta, atau pendengaran untuk pengguna yang tuli dengan menggunakan isyarat visual.

Azuma dkk, juga menganggap bahwa AR aplikasi yang menghilangkan benda-benda nyata dari lingkungan, yang lebih sering disebut dimediasi atau berkurang kenyataannya, selain menambahkan objek virtual. Memang, menghapus objek dari dunia nyata sesuai dengan yang meliputi objek dengan informasi virtual yang sesuai dengan latar belakang untuk memberikan kesan kepada pengguna bahwa objek tidak ada. Obyek virtual ditambahkan ke informasi lingkungan nyata kepada pengguna bahwa pengguna tidak dapat langsung mendeteksi dengan inderanya. Informasi yang disampaikan secara virtual objek

dapat membantu pengguna dalam melakukan tugas pekerjaan sehari-hari, seperti membimbing pekerja melalui kabel listrik di dalam pesawat terbang dengan menampilkan informasi digital melalui headset. Informasi tersebut juga dapat memiliki tujuan hiburan, seperti Wikitude atau augmented reality mobile lainnya. Ada kelas lain dari AR aplikasi, seperti visualisasi medis, hiburan, iklan, pemeliharaan dan perbaikan, penjelasan, perencanaan jalan robot, dll.

Sistem AR memiliki tiga komponen utama. *Tracking system* menentukan posisi dan orientasi obyek-obyek dalam dunia nyata. *Graphic system* menggunakan informasi yang disediakan *tracking system* untuk menggambarkan gambar-gambar *virtual* pada tempat yang sesuai, sebagai contoh melalui obyek-obyek nyata. Tampilan system menggabungkan dunia nyata dengan gambar virtual dan mengirimkan hasilnya ke pengguna, misalkan dikirim ke HMD, tetapi tampilan biasa juga seperti monitor dapat digunakan. Pendekatan populer untuk efek augmentasi pengguna adalah menggunakan seethrough , yang terdiri dari dua jenis yaitu *video see-through HMD dan opticalseethrough HMD*. *Optical see-through HMD* menggunakan layar transparan dimana dunia nyata dapat dilihat. Sedangkan *video see-through* HMD menggabungkan *closed-view* HMD dengan ditempatkan dengan material virtual dan dilihat pada tampilan. Pengguna melihat dunia nyata melalui video pada HMD.

Beberapa sistem AR yang telah dikembangkan didasarkan pada kemudahan untuk men-*track marker*, biasanya tercetak pada kertas. Teknik computer vision dapat digunakan secara akurat untuk menentukan posisi dan orientasi kartu serta memungkinkan sistem AR untuk menempatkan obyek *virtual* pada kartu tersebut. Ada banyak keuntungan dengan marker yang didasarkan kertas. Keuntungannya antara lain sangat murah dan mudah untuk diproduksi. Dengan cara melakukan *encoding* ID ke dalam *marker*, memungkinkan untuk melakukan *link* dari suatu obyek fisik atau lokasi menjadi bentuk informasi digital. Jika *marker* ditempatkan pada kartu sehingga dengan mudah obyek-obyek dapat dimanipulasi, *marker* dapat digunakan sebagai *devais* masukan untuk antarmuka AR Tangible. Kegunaan lainnya adalah menempatkan tag ke dalam obyek untuk memberikan penampakan bahwa pengguna sedang berinteraksi dengan obyek selain dengan

marker. Suatu contoh pengguna secara fisik melakukan *drag* and *drop printer* atau proyektor data dari *devais wearable* AR dikemukakan oleh Rekimoto dan Ayatsuka.

2.6.1 Sejarah Augmented Reality

Penampilan pertama dari Augmented Reality (AR) kembali ke 1950-an ketika Morton Heilig, sinematografer, berpikir bioskop adalah kegiatan yang akan memiliki kemampuan untuk menarik penonton ke dalam kegiatan di layar dengan mengambil di semua indra secara efektif. Pada tahun 1962, Heilig membangun prototipe dari visinya, yang digambarkan pada tahun 1955 dalam "The Cinema Of The Future," bernama Sensorama, sebelum digital komputasi. Selanjutnya, Ivan Sutherland menemukan "Head Mounted Display" pada tahun 1966 (Setiawan, 2012).

Pada tahun 1968, Sutherland adalah yang pertama yang menciptakan sebuah realitas ditambah sistem menggunakan optik tembus head mounted display. Pada tahun 1975, Myron Krueger menciptakan Videoplace, ruang yang memungkinkan pengguna untuk berinteraksi dengan objek virtual untuk pertama kalinya. Kemudian, Tom Caudell dan David Mizell dari Boeing menciptakan ungkapan Augmented Reality sementara pekerja membantu merakit kabel dan kabel untuk pesawat terbang. Mereka juga mulai membahas keuntungan dari Augmented Reality vs Virtual Reality (VR), seperti membutuhkan daya yang lebih kecil sejak piksel sedikit diperlukan. Pada tahun yang sama, L.B Rosenberg mengembangkan salah satu dari AR pertama fungsi sistem, yang disebut Jadwal Virtual dan menunjukkan perusahaan manfaat pada kinerja manusia, sementara Steven Feiner, Blair MacIntyre dan Doree Seligmann disajikan kertas besar pertama pada prototipe sistem AR bernama Karma. Kontinum virtualitas realitas dilihat pada Gambar 2.11 tidak didefinisikan sampai 1994 oleh Paul Stanley Milgram dan Fumio Kishino sebagai kontinum yang membentang dari lingkungan nyata ke lingkungan virtual. AR dan AV yang terletak di suatu tempat di antara AR yang lebih dekat dengan lingkungan dunia nyata dan AV yang lebih dekat ke lingkungan virtual. Pada tahun 1997, Ronald Azuma menulis survei pertama di

AR memberikan definisi yang luas diakui AR dengan mengidentifikasi sebagai menggabungkan nyata dan virtual lingkungan sementara yang kedua terdaftar di 3D dan interaktif real time. Outdoor mobile pertama AR permainan, ARQuake, dikembangkan oleh Bruce Thomas pada tahun 2000 dan menunjukkan selama SymposiumonWearable Internasional Komputer. Pada tahun 2005, Laporan Horizon memperkirakan AR teknologi akan muncul lebih lengkap dalam 4-5 tahun ke depan, dan, untuk mengkonfirmasi prediksi bahwa, sistem kamera yang dapat menganalisa lingkungan fisik secara real time dan berhubungan posisi antara objek dan lingkungan yang dikembangkan tahun yang sama. Tipe sistem kamera telah menjadi dasar untuk mengintegrasikan obyek virtual dengan kenyataan di system AR. Tahun-tahun berikutnya, semakin banyak aplikasi AR dikembangkan terutama dengan aplikasi mobile, seperti Wikitude AR Halaman diluncurkan pada tahun 2008, tetapi juga dengan pengembangan aplikasi medis pada tahun 2007.

Saat ini, dengan kemajuan baru dalam teknologi, peningkatan jumlah AR sistem dan aplikasi yang dihasilkan, terutama dengan prototipe rasa MIT 6 dan pelepasan iPad 2 dan penerus dan pesaing, khususnya Eee Pad, dan iPhone 4, yang menjanjikan untuk merevolusi ponsel AR.

2.6.2 Augmented Reality ToolKit

ARToolKit merupakan software library dalam bahasa C atau C++ yang memberikan banyak kemudahan bagi mereka yang ingin mengembangkan aplikasi Augmented Reality. Augmented Reality (AR) adalah overlay gambar komputer grafis virtual di dunia nyata, dan memiliki banyak potensi aplikasi dalam penelitian industri dan akademis. Salah satu permasalahan yang dihadapi dalam membangun sebuah aplikasi AR ini adalah menghitung sudut pandang user secara real time dan akurat sehingga objek virtual dapat ditempatkan tepat pada objek nyata yang diinginkan. ARToolkit menggunakan teknik pencitraan komputer untuk menghitung posisi dan orientasi kamera relative terhadap tracking device. Sehingga programer dapat menempatkan dengan tepat objek virtual yang dibuatnya pada tracking device tersebut (Setiawan, 2012).

ARToolKit pada awalnya dikembangkan oleh Dr Hirokazu Kato, dan pembangunan berkelanjutan didukung oleh Laboratorium Human Interface Technology (HIT Lab) di University of Washington, HIT Lab NZ di University of Canterbury, Selandia Baru, dan ARToolworks, Inc, Seattle.

2.6.2.1 Cara Kerja ARToolKit

ARToolKit adalah library perangkat lunak untuk membangun Augmented Reality (AR) aplikasi. Ini adalah aplikasi yang melibatkan overlay citra virtual pada dunia nyata. Sebagai contoh, pada gambar ke kanan karakter tiga dimensi virtual muncul berdiri pada kartu nyata. Hal ini dapat dilihat oleh pengguna di layar set kepala mereka kenakan. Ketika pengguna bergerak kartu, karakter virtual bergerak dengan itu dan muncul melekat pada objek nyata.

Salah satu kesulitan utama dalam mengembangkan aplikasi Augmented Reality adalah masalah pelacakan sudut pandang pengguna. Untuk mengetahui sudut pandang dari apa untuk menarik citra virtual, aplikasi harus tahu di mana pengguna mencari di dunia nyata.

ARToolKit menggunakan algoritma komputer visi untuk memecahkan masalah ini. Para perpustakaan video pelacakan ARToolKit menghitung posisi kamera nyata dan orientasi relatif terhadap penanda fisik secara real time. Hal ini memungkinkan pengembangan mudah dari berbagai macam aplikasi Augmented Reality. Beberapa fitur dari ARToolKit meliputi:

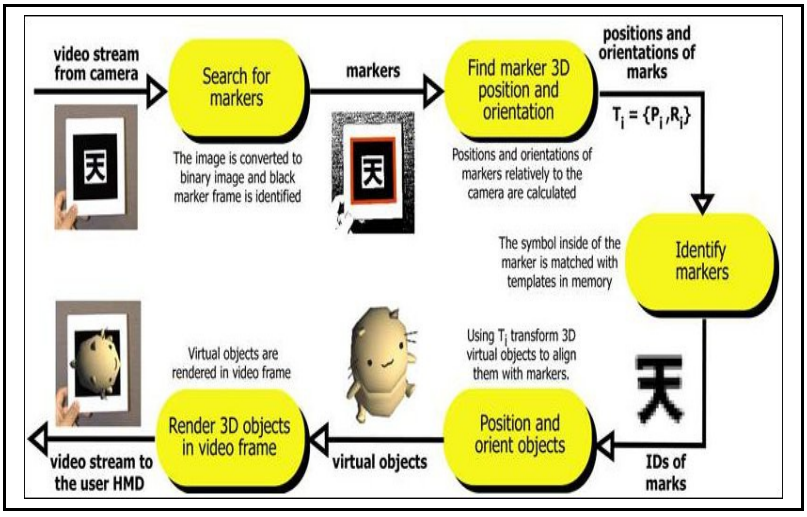
- posisi single kamera / pelacakan orientasi.
- Pelacakan kode yang menggunakan kotak hitam sederhana.
- Kemampuan untuk menggunakan pola penanda persegi.
- kode kalibrasi kamera yang mudah.
- Cukup cepat untuk aplikasi AR real time.
- SGI IRIX, Linux, MacOS dan Windows OS distribusi.
- Didistribusikan dengan kode sumber yang lengkap.

2.6.2.2 Prinsip Dasar ARToolKit

Aplikasi ARToolKit memungkinkan citra virtual yang akan melapis ke atas video langsung dari dunia nyata. Meskipun ini muncul magis tidak. Rahasianya ada pada kotak hitam yang digunakan sebagai penanda pelacakan. Pelacakan ARToolKit bekerja sebagai berikut:

- Kamera akan menangkap video dari dunia nyata dan mengirimkannya ke PC.
- Software yang ada di komputer akan mencari bentuk kotak dari tracking device (atau marker), dan mengidentifikasi marker dari tiap frame video.
- Setelah ditemukan, software akan menghitung posisi dari kamera relative terhadap tracking device.
- Setelah posisi kamera diketahui, objek grafis akan digambar menggunakan informasi tersebut.
- Objek ini digambar diatas video yang didapat dan tampak menempel diatas Marker.
- Output final akan ditampilkan pada display di monitor. Sehingga ketika user melihat display pada monitor objek akan tampak seolah berada di dunia nyata.

Gambar di bawah ini merangkum langkah-langkah ARToolKit yang mampu melakukan pelacakan kamera ini secara real time, memastikan bahwa benda-benda virtual selalu muncul overlay pada penanda pelacakan.



Gambar 2.12 Skema Kerja ARToolKit

2.6.2.3 Keterbatasan

Ada beberapa keterbatasan dengan visi murni berbasis komputer sistem AR. Tentu benda virtual hanya akan muncul ketika tanda pelacakan berada dalam tampilan. Hal ini dapat membatasi ukuran atau gerakan obyek virtual. Ini juga berarti bahwa jika pengguna menutupi bagian dari pola dengan tangan atau objek lain objek virtual akan menghilang.

Juga ada masalah jangkauan. Semakin besar pola fisik lebih jauh pola dapat dideteksi dan sehingga volume besar pengguna dapat dilacak masuk Tabel 3 menunjukkan beberapa rentang maksimum khas untuk penanda kotak dengan ukuran yang berbeda. Hasil ini dikumpulkan dengan membuat pola pembuat berbagai ukuran yang berbeda (panjang dengan sisi), menempatkan mereka tegak lurus ke kamera dan memindahkan kamera kembali sampai obyek virtual pada kotak yang menghilang.

Pattern Size (inches)	**Usable Range** (inches)
2.75	16
3.50	25
4.25	34
7.37	50

Tabel 2.3 Tracking range untuk ukuran pattern yang berbeda

Rentang ini juga dipengaruhi oleh kompleksitas agak pola. Semakin sederhana pola yang lebih baik. Pola dengan daerah hitam dan putih besar (yaitu pola frekuensi rendah) adalah yang paling efektif. Mengganti pola persegi 4,25 inci yang digunakan di atas, dengan pola dengan ukuran yang sama tapi kompleksitas lebih, mengurangi jarak pelacakan 34-15 inci.

Pelacakan juga dipengaruhi oleh orientasi penanda relatif terhadap kamera. Sebagai penanda menjadi lebih miring dan horisontal, kurang dan kurang dari pola pusat terlihat dan pengakuan sehingga menjadi lebih bisa diandalkan.

Akhirnya, hasil pelacakan juga dipengaruhi oleh kondisi pencahayaan. Lampu di atas kepala dapat membuat refleksi dan tempat-tempat silau pada penanda kertas dan membuatnya lebih sulit untuk menemukan penanda persegi. Untuk mengurangi pola silau dapat dibuat dari lebih non-reflektif material. Misalnya, dengan kain beludru hitam menempelkan ke dasar putih. The 'fuzzy' beludru kertas yang tersedia di toko-toko kerajinan juga bekerja sangat baik.

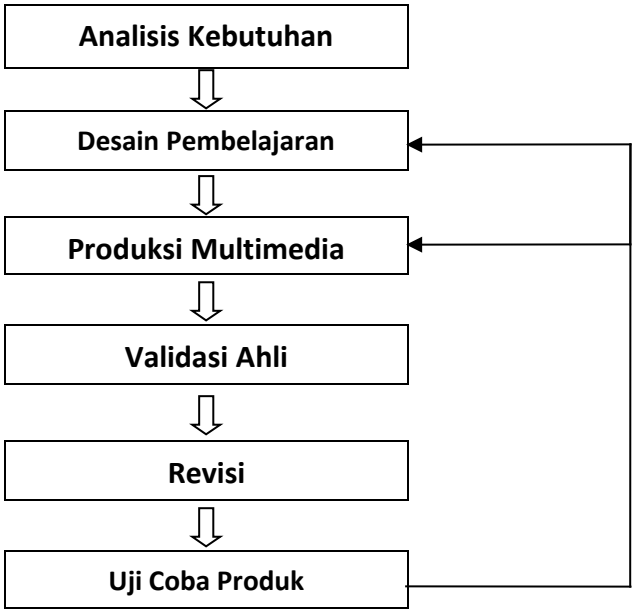
BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

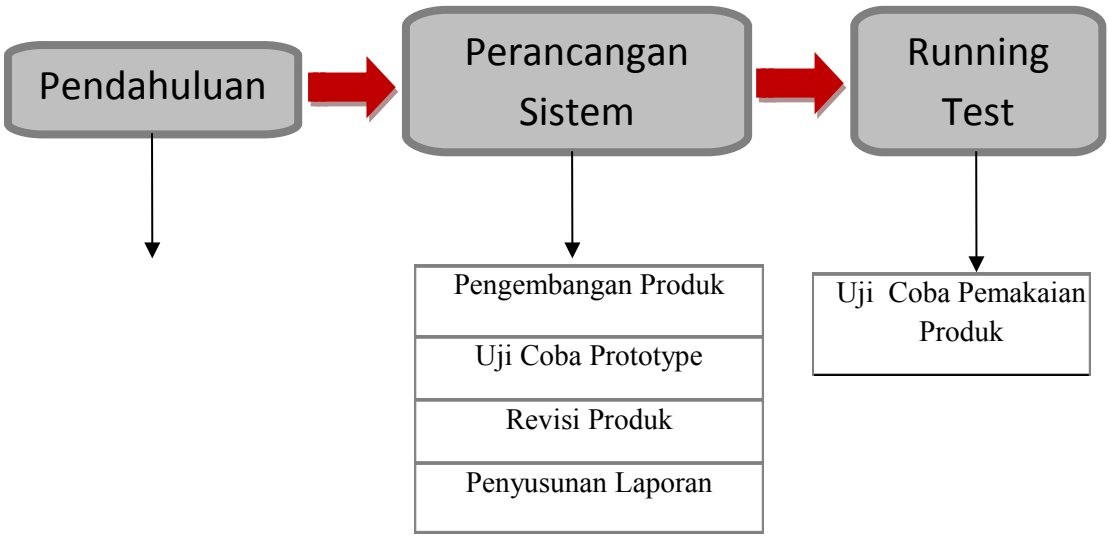
Tujuan dari penelitian ini untuk membuat augmented reality sebagai visualisasi dari buku pelajaran ilmu pengetahuan alam untuk kelas IX Sekolah Menengah Pertama. Maka dari itu metode yang digunakan meliputi penelitian dan pengembangan, dalam arti metode yang digunakan ini bertujuan untuk menghasilkan produk tertentu dan menguji keefektifan produk tersebut.

Dengan lebih menitikberatkan pada materi visualisasi pembelajaran, maka langkah penelitian perlu disesuaikan menurut model pengembangan berbasis multimedia yang dikemukakan oleh Mardika (2008) sebagai berikut:



Gambar 3.0 Model pengembangan multimedia

Berdasarkan acuan dari metode yang diterapkan oleh Mardika, maka dapat disesuaikan menjadi skema yang diterapkan pada augmented reality untuk visualisasi buku pelajaran ilmu pengetahuan alam. Berikut merupakan skema penelitian dan pengembangan media pembelajaran berbasis augmented reality:



Gambar 3.1 Skema Penelitian dan Pengembangan Augmented Reality

Masing-masing Tahapan pengembangan yang dilakukan diatas akan dijelaskan sebagai berikut:

A. Tahap Pendahuluan

1. Studi Literature

Studi literature merupakan tahap pengumpulan dan pemahaman tentang teori-teori pendukung penelitian dan informasi berkaitan dengan produk yang dibuat. Karena penelitian ini lebih difokuskan pada pengembangan augmented reality, maka membutuhkan informasi mengenai kebutuhan pengembangan produk, langkah-langkah, dan prosedur pengembangan produk yang tepat. Informasi

tersebut didapatkan dari jurnal, paper, buku dan website resmi tentang augmented reality atau penelitian yang sejenis.

2. Pemilihan Materi

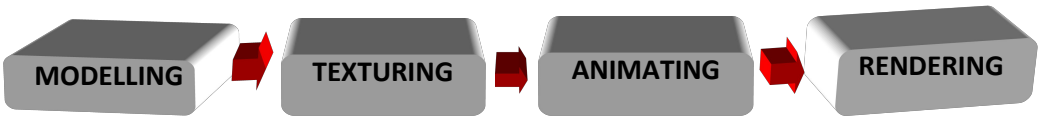
Pemilihan materi yang dimaksud oleh penulis adalah pemilihan materi-materi pembelajaran yang diambil dari buku pelajaran ilmu pengetahuan alam kelas IX sekolah menengah pertama. Buku berjudul "Mari Belajar IPA untuk SMP/MTs Kelas IX" yang disusun oleh Elok Sudibyo, Wahono Widodo, Wasis, Dwi Suhartanti. Kajian mata pelajaran meliputi Matematika, Geoglogi, Biologi, Fisika, Kimia, dan Astronomi. Setelah itu dalam tiap kajian akan dipilih beberapa visualisasi saja untuk dijadikan objek 3 Dimensi beserta animasi.

B. Perancangan Sistem

1. Pengembangan Produk

Pada tahap ini penulis bermaksud menjelaskan tentang sistem yang akan dibuat demi terwujudnya penelitian ini, dimana pada dasarnya sistem ini sebagian besar didukung oleh software. Tahap ini terbagi lagi menjadi tahap-tahap kecil yang sama pentingnya yaitu:

- Pengkajian dan Pengujian standart terhadap Augmented Reality software berbentuk library ARToolkit.
- Pembuatan Model dan Animasi 3 Dimensi menurut bidang kajian yang dipilih dibuat dengan bantuan software 3D. Berikut Skema atau alur proses pembuatan model:



Gambar 3.2 Alur proses pembuatan objek 3 Dimensi

- Pembuatan marker atau penanda dengan bantuan adobe photoshop CS4
- Pemilihan buku ajar virtual "Mari Belajar IPA untuk SMP/MTs kelas IX" sebagai buku pelajaran yang akan digunakan materinya untuk dibuat visualisasi augmented reality. Namun isi materi buku pelajaran bukan tanggung jawab dari penulis.

2. Uji Coba Prototype

   Pada tahap ini penulis melakukan uji coba terhadap salah satu sample objek 3D augmented reality untuk dilihat hasilnya apakah sudah sesuai yang diharapkan penulis.

3. Revisi Produk

   Pada tahap ini penulis melakukan perbaikan produk dari hasil uji coba awal apabila masih terjadi kekurangan dari objek maupun sistem augmented reality.

4. Penyusunan Laporan

   Pada tahap ini penulis mengemukakan mengenai kesimpulan penelitian dan saran pengembangan penelitian berdasarkan hasil dari seluruh tahap penelitian.

C. Running Test

Uji Coba Produk Pemakaian

Pada tahap ini penulis melakukan uji coba tahap akhir dimana semua uji kelayakan sudah terpenuhi. Dan siap untuk pemakaian pada user.

3.2 Sumber Data

Sumber data yang digunakan pada penelitian ini adalah sumber data sekunder. Menurut Sugiyono (2009) sumber data sekunder adalah sumber yang tidak langsung memberikan data kepada pengumpul data, misalnya lewat orang lain atau dokumen. Data sekunder yang penulis peroleh yaitu berupa data laporan dokumentasi dari developer ARToolKit dan data dari jurnal-jurnal terkait tentang sistem augmented reality.

3.3 Teknik Pengumpulan Data

1. Studi Pustaka

Studi ini digunakan sebagai landasan teori yang akan digunakan dalam menganalisa kasus. Dasar-dasar ini diperoleh dari buku, literatur-literatur maupun tulisan-tulisan yang berhubungan dengan penelitian ini.

2. Studi Dokumen

Metode dokumentasi adalah metode pengumpulan data dengan jalan melihat, membaca, mempelajari, kemudian mencatat data yang ada hubungannya dengan penelitian. Mengambil data dari berbagai sumber, seperti dokumen, artikel tentang sistem augmented reality.

3.4 Analisa Data

Untuk menganalisis data yang diperoleh dalam penulisan skripsi ini, penulis menggunakan metode analisis deskriptif yaitu metode dengan menyusun data yang diperoleh kemudian di interpretasikan dan dianalisis sehingga memberikan informasi bagi pemecahan masalah yang dihadapi. Tujuan yang ingin dicapai dengan analisis data ini adalah untuk menyederhanakan data ke dalam bentuk yang dapat dimengerti dan ditafsirkan, sehingga hubungan – hubungan yang ada dalam variabel dapat dipelajari dan diuji.

3.5 Analisis Sistem

Dalam analisis sistem penulis bermaksud mengidentifikasi dan mengevaluasi permasalahan yang ada dengan metode yang berkaitan, sehingga data yang diperoleh dapat diuji dan ditarik sebuah kesimpulan.

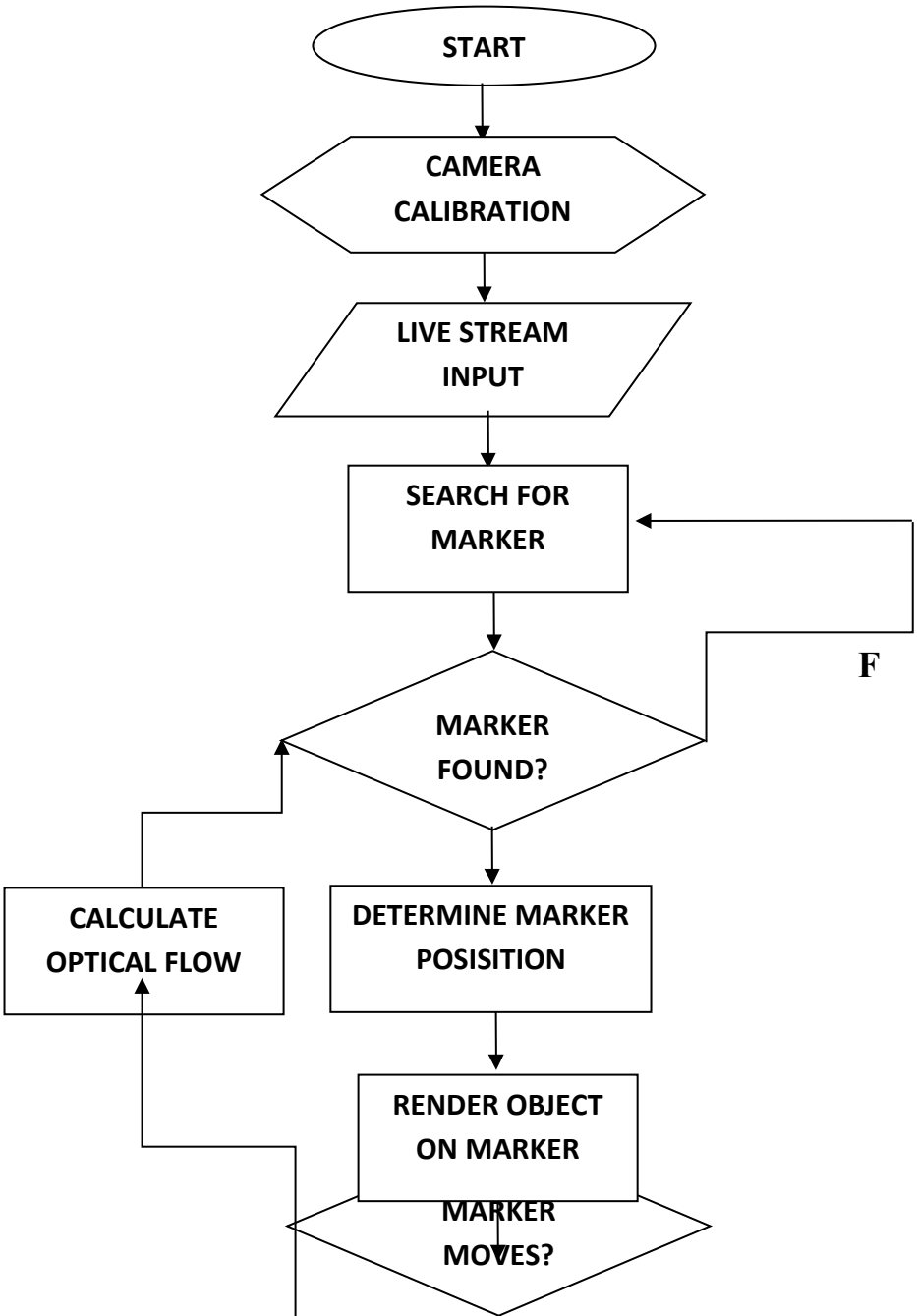
3.6 Skema Sistem (Flowchart)

Karena terjadi secara *real-time* dan terus-menerus selama program berjalan menyebabkan *resource* yang dibutuhkan dalam menjalankan aplikasi augmented reality menajdi besar. maka proses dilakukan secara berulang-ulang, sampai terjadi kasus dimana perulangan terpaksa dihentikan sementara. Contoh kasus ini adalah:

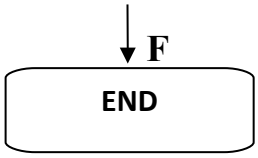
1. *Marker* tidak lagi dikenali karena keterbatasan hardware dan batasan-batasan lain yang mungkin terjadi, seperti pencahayaan, ukuran, jarak, dan lain sebagainya.
2. *Marker* tidak lagi terdeteksi oleh kamera, baik itu karena marker tidak terlihat sebagian maupun seluruhnya.

3. *Resource* komputer yang terpakai terlalu besar, sehingga pada titik tertentu mengalami kelambatan, maupun penghentian sesaat karena proses kalkulasi yang mejadi lambat.

Dan berikut merupakan skema dari proses augmented reality:



T



Gambar 3.3 Skema Proses Augmented Reality

3.6.1 Menentukan *Optical Flow*

Langkah pertama dalam menentukan *optical flow* dengan menghidupkan akses kamera komputer (baik webcam, maupun plug and play webcam, atau perangkat kamera komputer lainnya), kemudian melakukan kalibrasi singkat, serta menangkap *live stream input* dari gambar yang ada di hadapan kamera. Dan saat mengakses kamera komputer, user dapat memilih *color compression*, *output size*, dan *frame rate* yang diinginkan.

Kemudian gambar dari *live stream input* yang diterima kamera, dikonversi oleh program menjadi gambar biner. Setelah itu program akan mencari pola *frame* segi empat pada *marker,* program akan melakukan kalkulasi posisi kamera relatif terhadap *marker*. Apabila terjadi pergerakan marker terhadap kamera, maka kamera akan menerima setiap perubahan posisi setiap 'titik koordinat' pada marker sebagai *input stream*. Program kemudian akan menggunakan data perubahan-perubahan koordinat ini untuk menentukan estimasi *Optical Flow*, yakni pola pergerakan sesungguhnya yang terjadi pada objek yang diamati (*marker*). Proses estimasi *Optical Flow* ini terjadi secara real-time dan terus-menerus, karena input dari kamera pun bersifat *live stream input*. Dengan demikian, segala jenis pergerakan pada *marker* akan dideteksi, dan *marker* akan tetap dikenali, meskipun digerakkan dalam ruang tangkap penglihatan kamera.

3.6.2 *Object Rendering*

Proses inilah yang benar-benar menjadi ciri khas dari *Augmented Reality*, yakni 'menempatkan' objek tiga-dimensi sintetis pada lingkungan dunia nyata yang tertangkap oleh kamera. Setelah pola *marker* dikenali dan cocok dengan pola yang telah diregistrasi dalam memori, program akan memposisikan sebuah objek tiga dimensi, yang juga telah diregistrasikan sebelumnya, tepat pada *marker*. Objek tiga dimensi tersebut 'digambarkan' seolah menempel, atau merupakan 'bagian' dari *marker*.

Dari hasil kalkulasi dan estimasi pada *Optical Flow*, maka setiap terjadi pergerakan, program akan menerima hasil kalkulasi tersebut sebagai 'input', yakni perubahan posisi *marker* relatif terhadap kamera, dan terhadap posisi awal atau posisi sebelumnya. Untuk setiap perubahan posisi ini, program akan melakukan penggambaran objek tiga dimensi secara *live*, sesuai posisi baru marker. Dengan kata lain, segala perubahan pada posisi dan orientasi *marker* akan dikenali oleh program, dan objek tiga dimensi akan digambar ulang secara tepat di atas *marker*, mengikuti posisi dan orientasi baru tersebut.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Spesifikasi Perangkat Keras

Pembuatan aplikasi augmented reality pada buku ajar virtual ilmu pengetahuan alam mengunakan PC notebook yang dilengkapi webcam internal, dengan spesifikasi sistem sebagai berikut :

1. Sistem operasi : Microsoft windows XP Professional (5.1, build 2600)
2. Model notebook : HP Mini 210-1000
3. Processor : Intel® Atom™ CPU N450 @ 1.66GHz (2 CPUs)
4. Memory : 1 GB
5. Webcam : Standart usb 2.0
6. Library AR : ARToolKit versi 2.72.1- bin-win32
7. Software 3D : 3DS MAX 2010
8. Software Grafik : OpenGL

4.1.2 Model Objek 3D

Model yang dimunculkan bertujuan untuk dapat membantu kesulitan siswa dalam berimajinasi terhadap objek materi yang dibahas. Untuk dapat membayang proses yang terjadi pada saat pembahasan materi, sebagai contoh proses terjadinya gerhana bulan. Maka dengan model objek 3D dapat divisualisasikan mulai dari bentuk bulan, matahari, dan bumi, serta proses terjadinya gerhana bulan itu sendiri. Dan pada buku ajar virtual ilmu pengetahuan ini contoh-contoh materi yang dijadikan objek 3D untuk dimasukkan menjadi aplikasi augmented reality meliputi beberapa kelompok materi. Berikut merupakan kelompok materi dari model 3D yang dimasukkan ke dalam aplikasi augmented reality, seperti materi biologi, materi fisika, materi matematika, materi geologi, materi kimia dan materi astronomi.

4.1.2.1 Materi Biologi

Materi biologi mencakup submateri yang akan menjelaskan:

1. Mata

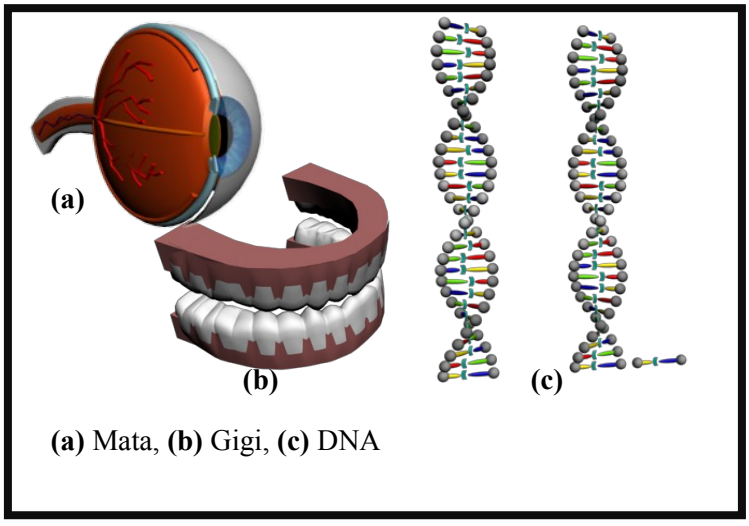
   bagian-bagian dari mata meliputi pupil, kornea, sclera, hyaloids canal, central retinal artery, optic nerve, central retina vein, retina, lensa, iris. Pada materi pembelajaran mata ini yang dijelaskan oleh media pembelajaran augmented reality berupa letak dari sususan bagian-bagian mata serta fungsi-fungsinya.

2. Gigi

   Gigi merupakan materi yang ikut dalam materi mulut. Namun pada media pembelajaran materi yang dibahas berupa anatomi gigi, lapisan gigi, dan susunan gigi. Bagian-bagian pada gigi meliputi gigi depan,gigi geraham depan, gigi geraham, gigi seri, dan gusi.

3. DNA

   Serta materi tentang DNA menjelaskan tntang struktur dari DNA dan susunan dari nukleotida. Berikut gambar-gambar materi biologi:



(a) Mata, **(b)** Gigi, **(c)** DNA

Gambar 4.1 Materi Biologi

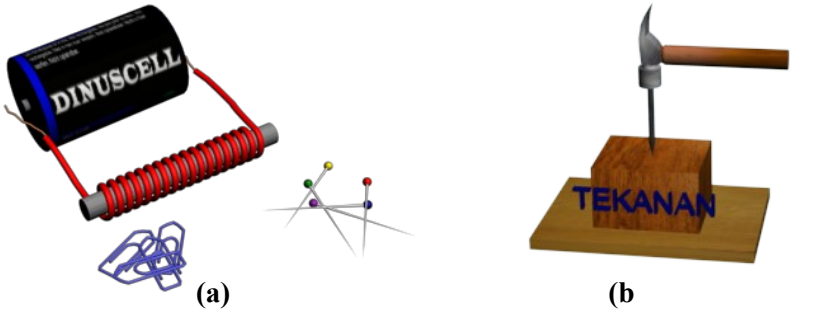
4.1.1.2 Materi Fisika

1. Oestrade

materi fisika mendemonstrasikan oestrade divisualisasikan sebuah besi dililitkan pada kabel dan dihubungkan ke baterai sehingga besi menjadi magnet. Materi menjelaskan tentang medan magnet yang terjadi pada besi tersebut dan menghitung besarnya medan magnet pada sumbu magnet serta ujung magnet.

2. Tekanan

Serta mendemostrasikan tekanan yang tergambar pada paku yang dihantamkan ke sebuah balok. Maka akan terjadi tekanan dari gaya yang dihantamkan per satuan luas. p = F/A. Berikut gambar-gambar materi fisika:



(a) Oestrade, **(b)** Tekanan

Gambar 4.2 Materi Fisika

4.1.2.3 Materi Matematika

1. Tabung

Materi tabung memvisualisasikan rumus yang digunakan untuk mencari luas dan volume dari bangun tabung. Mulai dari visualisasi menghitung luas lingkaran dan luas persegi panjang.

2. Kubus

Menjelaskan cara mencari rusuk bangun kubus untuk mencari luas dan volume kubus menggunakan rumus.

3. Limas

Visualisasi rumus volume bangun limas dengan memulai menghitung dari rusuk, luas segitiga dan luas persegi empat.

4. Kerucut

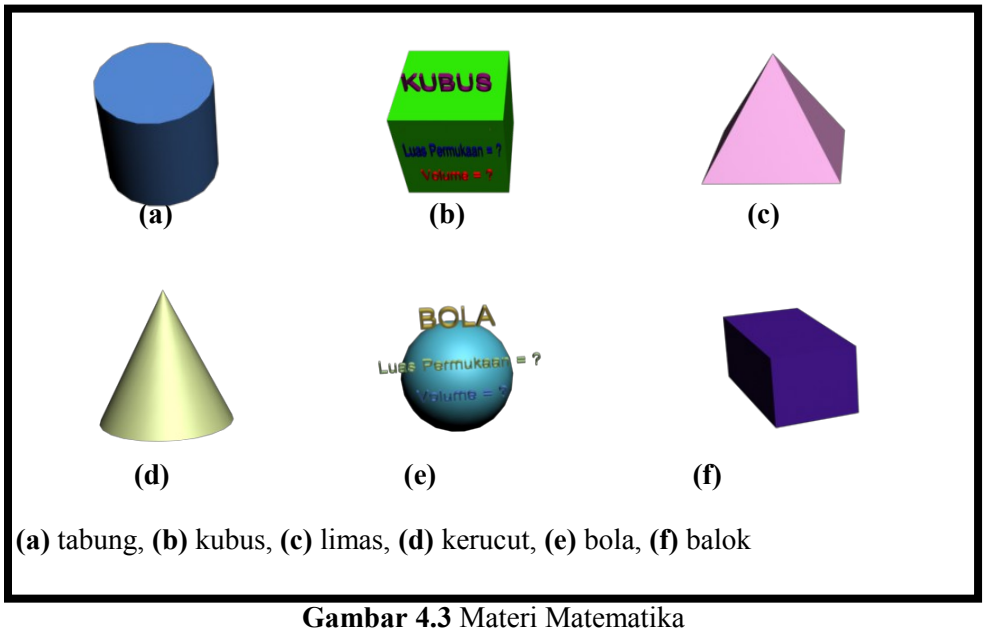
Materi yang dibahas mengenai perhitungan tentang luas dan volume kerucut dengan mencari luas lingkaran dan luas setengah lingkaran dengan mencari alas dam tinggi bangun kerucut.

5. Bola

Pada materi bola menjelaskan entang mencari volume bola dengan mencari terlebih dahulu panjang diameter bola dan luas lingkaran.

6. Balok

Dan pada materi balok mencari panjang rusuk sisi untuk mencari luas dan volume balok dengan mencari luas persegi panjang dan persegi empat. Berikut gambar-gambar dari materi matematika:



(a) tabung, **(b)** kubus, **(c)** limas, **(d)** kerucut, **(e)** bola, **(f)** balok

Gambar 4.3 Materi Matematika

4.1.2.4 Materi Geologi

1. Lapisan tanah

Materi lapisan tanah menjelaskan tentang susunan lapisan tanah meliputi humus, topsoil, eluviations, subsoil, regolith, bedrock. Serta menjelaskan pengertian dari susunan lapisan tanah tersebut.

2. Batuan

Materi batuan berisi bentuk objek dari batuan, meliputi batu marmer, batu phyllite, batuan diorite, batuan obsidian, batuan granit, batuan obsidian transparent, batu gipsum**,** batu konglomerat, batu pasir**,** batu kristalgaram. Pada materi batuan tekstur, warna, bentuk dan pola batuan yang ditampilkan mendukung materi yan ditampilkan.

Berikut gambar-gambar materi geologi:

(a) batu marmer, **(b)** batu phyllite, **(c)** batuan diorite

(d) batuan obsidian, **(e)** batuan granit, **(f)** batuan obsidian transparent,

(g) lapisan tanah**, (h)** batu gipsum**, (i)** batu konglomerat

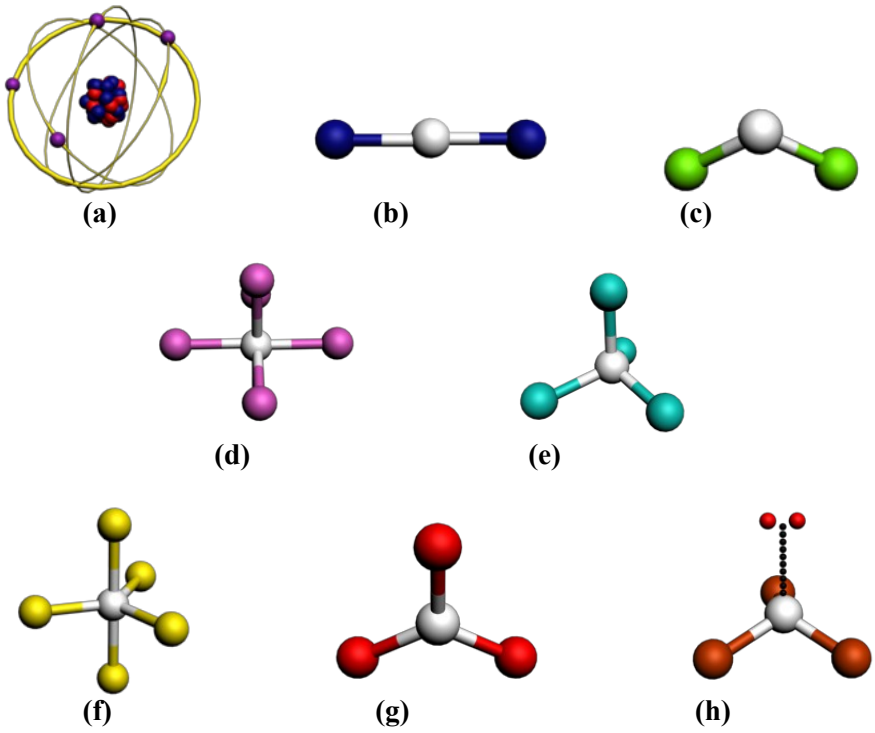
(j) batu pasir**, (k)** batu kristalgaram

Gambar 4.4 Materi Geologi

4.1.2.5 Materi Kimia

Materi kimia berisi penjelasan bentuk struktur molekul dan menjelaskan pengertian dari atom, linier, bent, octahedral, tetrahedral, trigonal bipyramid, trigonal planar, trigonal pyramidal. Pada visualisasi objek digambarkan tentang bentuk molekul dan jumlah atom pada tiap molekul.

Berikut gambar-gambar materi kimia:



(a) atom, **(b)** linier, **(c)** bent, **(d)** octahedral, **(e)** tetrahedral

(f) trigonal bipyramid, **(g)** trigonal planar, **(h)** trigonal pyramidal

Gambar 4.5 Materi Kimia

4.1.2.6 Materi Astronomi

1. Gerhana matahari

Pada materi gerhana matahari menjelaskan tentang proses terjadinya gerhana matahari. Mulai dari pergerakan bulan mengelilingi bumi sampai menghalangi sinar matahari ke bumi. Di materi gerhana matahari juga dijelaskan bagian-bagian dari sudut gelap dan terang diluar gerhana matahari.

2. Gerhana bulan

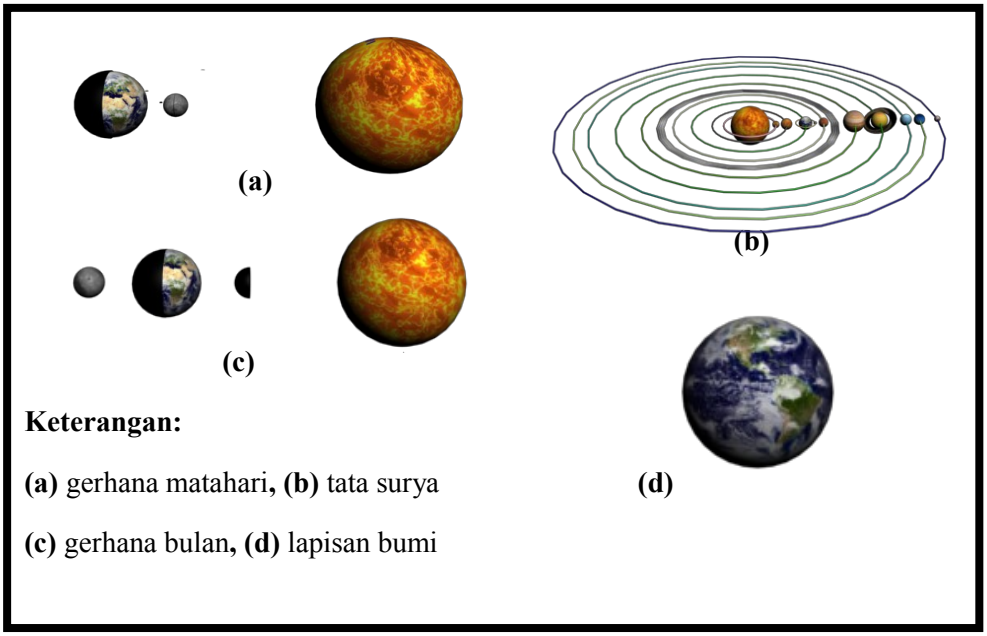
Pada materi gerhana bulan menjelaskan tentang proses terjadinya gerhana bulan. Mulai dari pergerakan bulan mengelilingi bumi sampai terhalangi bumi dari sinar matahari. Di materi gerhana bulan juga dijelaskan bagian-bagian dari sudut gelap dan terang diluar gerhana bulan.

3. Tata surya

tata surya berisi tentang susunan dari planet-planet dan matahri sesuai urutan antariksa. Mulai dar matahari, merkurius, venus, bumi, mars, Jupiter, saturnus, Uranus, neptunus. Serta proses planet-planet mengitari matahari pada orbitnya.

4. Lapisan bumi

Materi lapsan bumi merupakan penjelasan dari bagian-bagian dala bumi dan urutan lapisan bumi. Berikut gambar-gambar materi astronomi:



Gambar 4.6 Materi Astronomi

4.1.3 Marker

Marker adalah pola yang dibuat dalam bentuk gambar yang telah dicetak dengan *printer* yang akan dikenali oleh kamera dari tekhnologi augmented reality.. *Marker*

tersebut dilampirkan pada buku materi pembelajaran beserta keterangan mengenai materi yang dibahas. Sehingga materi-materi yang ditulis akan dimunculkan gambar tiga dimensi oleh marker augmentes reality

4.1.4 Pengujian Sistem

Saat sistem berjalan terjadi proses *load* dan *pre-rendering* model 3D yang sudah disimpan dalam database. Proses tersebut membutuhkan waktu yang berbeda-beda untuk setiap file model 3D yang akan *direnderi.* Berikut hasil pengujian *load* model 3D.

Nama Model	Ukuran File 3D	Format Model 3D	Tekstur	Animasi
Materi Biologi			Waktu Load :	21.2 detik
Mata	2852 KB	WRL	Ada	Ada
Gigi	900 KB	WRL	Tidak	Ada
DNA	668 KB	WRL	Tidak	Ada
Materi Fisika			Waktu Load :	9.2 detik
Oestread	2797 KB	WRL	Ada	Ada
Tekanan	232 KB	WRL	Ada	Ada
Materi Matematika			Waktu Load :	21.5 detik
Tabung	2138 KB	WRL	Tidak	Ada
Kubus	2451 KB	WRL	Tidak	Ada
Limas	2507 KB	WRL	Tidak	Ada
Kerucut	2944 KB	WRL	Tidak	Ada
Bola	3591 KB	WRL	Tidak	Ada
Balok	1238 KB	WRL	Tidak	Ada
Materi Geologi			Waktu Load :	29.1 detik
Batu marmer	31 KB	WRL	Ada	Ada
Batu phyllite	258 KB	WRL	Ada	Ada
Batuan diorite	25 KB	WRL	Ada	Ada
Batuan obsidian	140 KB	WRL	Ada	Ada

Batuan granit	4575 KB	WRL	Ada	Ada
Batuan obsidian transparent	22 KB	WRL	Ada	Ada
Lapisan tanah	12082 KB	WRL	Ada	Ada
Batu gypsum	31 KB	WRL	Ada	Ada
Batu konglomerat	125 KB	WRL	Ada	Ada
Batu pasir	113 KB	WRL	Ada	Ada
Batu Kristal garam	3962 KB	WRL	Ada	Ada
Materi Kimia			Waktu Load :	9.1 detik
Atom	3228 KB	WRL	Tidak	Ada
Linier	29 KB	WRL	Ada	Ada
Bent	27 KB	WRL	Ada	Ada
Octahedral	33 KB	WRL	Ada	Ada
Tetrahedral	27 KB	WRL	Ada	Ada
Trigonal bipyramid	31 KB	WRL	Ada	Ada
Trigonal planar	31 KB	WRL	Ada	Ada
Trigonal pyramidal	78 KB	WRL	Ada	Ada
Materi Astronomi			Waktu Load :	14.1 detik
Gerhana bulan	2018 KB	WRL	Ada	Ada
Tata surya	827 KB	WRL	Ada	Ada
Gerhana matahari	2019 KB	WRL	Ada	Ada
Bumi	2327 KB	WRL	Ada	Ada

Tabel 4.0 Pengujian *Load* Model 3D

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Sistem Augmented Reality yang dibuat telah berhasil, objek – objek yang telah dibuat berhasil ditampilkan diatas marker saat dihadapkan di depan kamera. Dengan sistem ini, banyak pemanfaatan yang bisa dibuat seperti dalam bidang pendidikan serta banyak lagi bidang yang lain untuk dimanfaatkan menggunakan sistem ini. Dengan penggunaan ARToolKit untuk mengembangkan aplikasi Augmented reality cukup mudah untuk para pemula karena sifatnya yang *low programming.*

Dari hasil pengujian yang dilakukan dalam bab sebelumnya maka dapat diambil kesimpulan :

1. Sistem ArToolKit hanya bisa mendeteksi pola marker yang berbentuk segi empat dimana ketebalan border sangat berpengaruh.
2. Jika model objek yang dibuat memiliki ukuran file yang besar karena memiliki animasi dan tekstur maka dalam proses *load objek dan pre-rendering* akan membutuhkan waktu yang lama.
3. Visualisasi objek membantu pemahaman siwa, namun diperlukan penjelasan yang lebih ringkas dan efisien agar cepat untuk dihafalkan.
4. Aplikasi augmented realiy juga bisa menggantikan kegiatan praktek yang membutuhkan peralatan pendukung digantikan dengan visualisasi objek 3D.
5. Menjalankan sistem augmented reality perlu menggunakan komputer atau notebook yang memiliki kamera plug and play atau webcam, hanya saja semakin baik kualitas kamera yang digunakan maka semakin baik hasil visualisasi yang dihasilkan dan berjalan lancar.

.

5.2 Saran

Untuk pengembangan dari tekhnologi augmented reality pada media pembelajaran akan menjadi lebih baik apabila dapat diaplikasikan pada perangkat mobile, karena tidak dipungkiri dengan kemajuan tekhnologi sekarang ini, dapat dipastikan banyak siswa yang sudah memiliki perangkat mobile cerdas yang mampu menggunakan aplikasi augmented reality. Sehingga siswa bisa lebih berinteraksi tanpa harus membuka komputer dan mengaktifkan kamera. Dan diharapkan agar pengembangan deteksi marker dapat menggunakan gambar apapun atau marker komplek (bisa memakai objek apapun untuk dijadikan marker) sehingga dapat menggunakan objek sehari-hari untuk dijadikan marker, tidak hanya marker berbentuk segi empat..

DAFTAR PUSTAKA

[1] Ahmad, Usman, 2005, *Pengolahan Citra Digital & Teknik Pemrogramannya*, Graha Ilmu, Yogyakarta.

[2] T. Sutoyo, S.Si.,M.Kom., Edy Mulyanto S.Si.,M.Kom., Dr. Vincent Suhartono, Oky Dwi Nurhayati, MT, Wijanarto, M.Kom. Teori Pengolahan CITRA DIGITAL, ANDI, Yogyakarta.

[3] Hendratman, Hendi, 2011(revisi kedua), *The Magic Of 3D Studio Max*, Informatika, Bandung.

[4] Heriady, 2007, *Pemrograman Grafik 3D Mengunakan C dan OpenGL :Graha Ilmu* ,Yogyakarta.

[5] Kato, H., dan Billinghurst, M., "Marker Tracking and HMD Calibration for a Video-based Augmented Reality Conferencing System", Proceedings of 2nd Int. Workshop on Augmented Reality, 85-94, 1999 .

[6] Adhi Arsandi, Supeno Mardi SN, Moch.Hariadi. Visualisasi Gerakan Objek 3d Pada Augmented Reality Dengan Deteksi Tumbukan Berbasis *Bounding Box.* Thesis Teknik Elektro,Teknologi Industri ITS.

[7] Azuma, Ronald T. "A Survey of Augmented Reality", Presence: Teleoperators and Virtual Environments. vol. 6, no. 4, Aug.1997, pp.355-385

[8] Bregga Tedy Gorbala, Mochamad Hariadi. Aplikasi Augmented Reality untuk Katalog Penjualan Rumah.Thesis Teknik Elektro ITS Surabaya

[9] Kato, H., Billinghurst, M., dan Poupyrev, I., 2000, "ARToolKit version 2.72.1: A software library for Augmented Reality Applications", Human Interface Technology Laboratory, University of Washington.

[10] Walesa Danto, ST., Agung Toto Wibowo, ST., MT., Bedy Purnama, SSi., MT. Analisis Metode Occlusion Based Pada Augmented Reality Studi Kasus : Interaksi Dengan Objek Virtual Secara Real Time Menggunakan Gerakan Marker Thesis *Teknik Informatika, Fakultas Informatika, Institut Teknologi Telkom.*

[11] Donald. Hearn, M. Pauline Baker. 1996. *Computer Graphics - Principles and Practice in C, 2nd Ed.* Prentice Hall.

[12] Volkert. Buchmann, Stephen. Violich, Mark. Billinghurst. 2004. *Fingartips – Gesture Based Direct Manipulation In Augmented Reality*.New Zealand : HIT LAB NZ.

[13] Martin Hirzer 2008 . Marker Detection for Augmented Reality Applications. Inst. for Computer Graphics and Vision Graz University of Technology, Austria.

[14] P.V.C. Hough. Method and means for recognizing complex patterns, U.S. Patent No. 3069654, 1962.

[15] M. Atiquzzaman and M.W. Akhtar. Complete line segment description using the hough transform. Image and Vision Computing, 12(5):267{ 273, 1994.

[16] R. Nevatia and K.R. Babu. Linear feature extraction and description. Computer Vision, Graphics, and Image Processing, 13(3):257{269, 1980.

[17] Akhmad Afissunani, Akuwan saleh, M. Hasbi Assidiqi. Multi Marker Augmented Reality Untuk Aplikasi *Magic Book.* Politeknik Elektronika Negeri Surabaya Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Kampus ITS, Surabaya.

[18] Andriyadi Anggi, *Journal Augmented Reality*. Tanggal akses : 20 Januari 2012