

SIMULASI TATA SURYA SEBAGAI MEDIA AJAR PADA PELAJARAN GEOGRAFI MENGGUNAKAN PAPERVISION3D

Oleh:

Erwina^{1*}, Mohammad Fajar², Hamdan Arfandy³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Informatika, STMIK Kharisma Makassar

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk membuat simulasi sistem tata surya beserta informasi setiap planet di dalamnya sehingga dapat digunakan sebagai media ajar pembelajaran geografi, khususnya bagi siswa Sekolah Menengah Tingkat Atas (SMA). Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui studi literatur, wawancara, dan pengujian program simulasi. Sebagai metode pengujian, penulis menggunakan metode pengujian kotak hitam (black box) yang dilakukan pada antarmuka perangkat lunak. Aplikasi simulasi dibuat berdasarkan hukum Kepler I dan II mengenai mekanika benda langit. Aplikasi simulasi dirancang menggunakan Unified Modelling Language (UML), yaitu use case diagram, class diagram, dan activity diagram. Sedangkan perancangan basis data menggunakan Document Type Definition (DTD). Rancangan selanjutnya diimplementasikan ke dalam perangkat lunak menggunakan Adobe Flash yang didukung dengan bahasa pemrograman ActionScript 3.0 dan pustaka Papervision3D serta media penyimpanan data dalam format eXtensible Markup Language (XML). Pustaka Papervision3D dimanfaatkan untuk membuat animasi pergerakan planet, membuat objek 3D dari objek-objek pada tata surya, memasukkan tekstur atau material pada setiap objek, memasukkan objek 3DS untuk planet yang bercincin seperti Saturnus dan Uranus. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat menampilkan simulasi tata surya yang terdiri dari Matahari dan planet-planet nya, menampilkan informasi dari objek-objek dalam simulasi, menampilkan simulasi gerhana Matahari dan gerhana Bulan, melakukan latihan menjawab soal yang berkaitan dengan tata surya, dan menampilkan daftar istilah yang digunakan dalam tata surya untuk keperluan mata pelajaran geografi.

Kata kunci : Simulasi Tata Surya, Media Ajar, Papervision3D, Hukum Kepler, Geografi

Abstract: The aim of this research is to develop a solar system simulation software with its planet information as a learning and teaching media of geography subject, especially at senior high school. Data collection techniques are done through literature study, interview and software evaluation using Black Box method. The simulation software application is developed based on Kepler's law of celestial mechanics and it is designed using Unified Modelling Language (UML) which involving use case diagram, class diagram, and activity diagram. While Document Type Definition (DTD) is used to define its database. The designed artifacts then implemented into computer programs using Adobe Flash, ActionScript 3.0 programming language, Papervision3D library, and eXtensible Markup Language (XML). The Papervision3D library is applied to form planets movement simulation, develop 3D solar system objects, apply texture or material into the objects, and insert 3DS object for ringed planets such as Saturnus and Uranus. The evaluation result shows that the designed simulation software is able to simulate solar systems consisting of the Sun and its planets, showing information from simulated

*Corresponding author : Erwina (e23_arch@yahoo.com)

objects, simulating Sun and Lunar eclipse. The software also provides practices feature for question and answer related to the solar systems and shows terms list in the solar system for Geography learning requirements.

Keywords : Solar System Simulation, Learning Media, Papervision3D, Kepler Law, Geography

PENDAHULUAN

Dalam pelajaran geografi di sekolah menengah atas terdapat sub pokok bahasan mengenai sistem tata surya. Pelajaran tata surya ini membahas mengenai, Matahari, dan planet-planet yang ada di tata surya beserta waktu rotasi dan revolusinya. Meskipun buku-buku pelajaran geografi tersebut dilengkapi dengan gambar-gambar berwarna yang cukup menarik, tetapi tetap saja dipandang masih belum mampu menggambarkan sejumlah bahasan secara lebih nyata, sebut saja bagaimana proses perputaran (rotasi ataupun revolusi) benda-benda luar angkasa tersebut terjadi. Siswa akan dapat lebih memahami apabila dapat melihat bagaimana benda-benda langit tersebut bergerak/beredar pada garis edarnya. Sedangkan untuk membayangkan bagaimana planet-planet dalam tata surya berotasi maupun berevolusi sangatlah sulit sehubungan dengan besarnya ukuran planet beserta orbitnya. Sementara laboratorium ataupun planetarium berupa ruang khusus di sekolah yang menyajikan informasi simulasi benda-benda langit masih sangat sulit ditemukan atau dikembangkan oleh pihak sekolah dan tentunya membutuhkan biaya yang cukup besar. Sebagai salah satu solusinya yaitu penerapan teknologi informasi dan komunikasi (TIK). Seperti yang kita ketahui bersama, bahwa saat ini TIK telah luas pemanfaatannya di bidang pendidikan, secara khusus sebagai media ajar. Pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi, misalnya dengan pemakaian software aplikasi Stellarium untuk mempelajari pergerakan benda-benda langit. Meskipun aplikasi Stellarium ini belum dapat menampilkan informasi yang lengkap yang dibutuhkan oleh siswa sekolah menengah atas untuk belajar geografi. Seperti informasi susunan atau material planet, tidak adanya fitur untuk menampilkan seluruh planet dalam satu tampilan. Oleh karena itu, diperlukan sebuah media ajar khusus yang dapat menggambarkan tata surya beserta informasi mengenai Matahari dan planet-planet di dalamnya. Media ajar ini diharapkan mampu menyajikan pergerakan planet-planet di tata surya dalam bentuk simulasi.

Berdasarkan uraian tersebut, penulis melakukan penelitian dengan membuat piranti lunak simulasi sistem tata surya sebagai media ajar bagi siswa sekolah menengah atas dalam mempelajari tata surya. Sehingga diharapkan siswa dapat lebih memahami bagaimana proses pergerakan planet-planet terjadi. Dalam penelitian ini digunakan piranti lunak Adobe Flash, Bahasa Pemrograman ActionScript serta pustaka Papervision3D yang mendukung pembuatan animasi serta pemodelan benda secara 3 Dimensi (3D).

LANDASAN TEORI

A. Simulasi Tata Surya dan Mekanika Benda Langit

Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), simulasi merupakan “penggambaran suatu sistem atau proses dengan peragaan berupa model statistik atau pemeranan”. Simulasi merupakan proses dalam merancang model dari sistem sebenarnya (Sridadi, 2009). Tata surya terdiri dari bintang pusat yang disebut Matahari, delapan planet, beberapa planet kerdil, bulan atau satelit, jutaan asteroid, Trans-Neptunian Objects (TNOs), komet, dan meteoroid. Adapun pada tahun 2006 International Astronomy Union (IAU) dalam sidang umumnya menetapkan tiga kategori yaitu planet, planet kerdil, dan benda-benda kecil tata surya (Karttunen, Kroger, Oja, Poutanen, Donner, 2007). Elips adalah suatu bangun datar yang memiliki dua titik fokus dimana jumlah jarak setiap titik yang terletak pada keliling terhadap kedua titik fokusnya adalah sama. Hukum Kepler I menyatakan bahwa planet-planet beredar dalam lintasan berbentuk elips dengan Matahari berada pada salah satu titik fokusnya. Karena lintasan orbit benda langit berbentuk elips, panjang radius orbit r berubah-ubah tergantung dari sudut orbitnya (Gautama, 2010). Panjang radius orbit dapat dicari dengan rumus:

$$r = \frac{a(1 - e^2)}{1 + e \cos v}$$

Hukum Kepler II menyatakan bahwa suatu garis khayal yang menghubungkan Matahari dengan planet menyapu luas juring yang sama dalam selang waktu yang sama. Dengan demikian, planet bergerak lebih cepat pada saat posisinya lebih dekat dengan Matahari (Gautama, 2010). Kecepatan sirkular pada orbit elips dapat dicari dengan rumus:

$$v_r^2 = \mu \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right)$$

Dimana:

$\mu = GM$,

G adalah konstanta gravitasi universal $6,674287 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2 \text{ kg}^{-2}$

M adalah massa pusat, dalam hal ini massa Matahari sebesar $1988500 \cdot 10^{-24} \text{ kg}$

r yaitu panjang radius orbit benda langit terhadap fokusnya

a yaitu panjang sumbu semi mayor orbit elips (Gautama, 2010).

Dalam penelitian ini, penulis mengembangkan media ajar menggunakan pendekatan simulasi tata surya untuk kebutuhan pelajaran geografi. Media pembelajaran merupakan suatu alat bantu yang digunakan untuk proses belajar mengajar. Sehingga dapat disimpulkan bahwa media pembelajaran merupakan alat yang berfungsi dalam menyampaikan materi pelajaran yang digunakan untuk membantu proses belajar mengajar (Gautama, 2010).

B. Flash dan Papervision3D

Perangkat lunak Adobe Flash yang kemudian dinamakan Flash, sebelumnya bernama “Macromedia Flash”, merupakan perangkat lunak multimedia unggulan yang

dulunya dikembangkan oleh Macromedia, tetapi sekarang dikembangkan dan didistribusikan oleh Adobe System. Flash dapat digunakan untuk memanipulasi vektor dan citra raster dan mendukung bidirectional streaming audio dan video (Sunyoto, 2010). Flash tidak hanya digunakan untuk aplikasi web, tetapi juga dapat dikembangkan untuk aplikasi desktop karena aplikasi Flash selain dikompilasi menjadi file format .swf dapat juga dikompilasi menjadi format .exe. Format file Flash adalah SWF, biasanya disebut ShockWave Flash movie. Flash movie atau Flash game yang biasanya file berekstensi .swf dapat dijalankan melalui web, secara stand alone pada Flash Player, atau dapat juga dijalankan pada Windows secara langsung dalam format ekstensi .exe. Flash menggunakan bahasa pemrograman bernama ActionScript (Sunyoto, A. 2010). ActionScript 3.0 diperkenalkan pada tahun 2006 dan telah menjadi bahasa pemrograman utama untuk Flash. Versi awal dari ActionScript diperkenalkan bersamaan dengan diluncurkannya Flash 4. Tetapi saat itu belum diberi nama ActionScript, kode tidak diketik, melainkan dipilih pada menu drop-down. ActionScript 1.0 diperkenalkan secara resmi pada Flash 5. ActionScript 2.0 diperkenalkan oleh Flash MX 2004 yang juga dikenal sebagai Flash 7 dengan versi bahasa yang lebih kuat sehingga lebih mudah membuat program berorientasi objek. ActionScript 3.0 puncak dari pengembangan selama bertahun-tahun, dikarenakan setiap versi Flash diluncurkan, para pengembang memaksanya hingga ke batasannya (Rosenzweig, 2011).

Papervision3D adalah pustaka yang terdiri dari folder-folder dengan struktur tertentu sehingga dapat membuat bentuk tiga dimensi pada Flash. Folder-folder ini terdiri dari kelas-kelas dalam ActionScript yang menyediakan variable, fungsi, dan properti. Papervision3D juga memiliki banyak fungsi dan properti yang bentuknya menyerupai bentuk kode Flash 2D. Adapun objek-objek dalam Papervision3D antara lain scene, camera, viewport, 3D objects, material, dan render engine. Papervision3D juga menyediakan bentuk primitif tiga dimensi seperti plane, sphere(bola), cylinder(tabung), cone(kerucut), cube(kubus), arrow(panah), dan paperplane(Winder & Tondeur, 2009).

C. XML

XML adalah singkatan dari eXtensible Markup Language. XML mulai dikembangkan pada tahun 1996 lalu mendapat pengakuan dari W3C pada bulan Februari 1998. Teknologi yang digunakan pada XML bukan teknologi baru, tapi turunan dari SGML yang dikembangkan pada awal 80-an. Saat HTML dikembangkan pada tahun 1990, para penggagas XML mengadopsi bagian paling penting pada SGML dan berpedoman pada pengembangan HTML menghasilkan markup language yang tidak kalah hebatnya dengan SGML. Seperti HTML, XML menggunakan elemen yang ditandai dengan tag pembuka yang diawali dengan '<' dan diakhiri dengan '>', tag penutup yang diawali dengan '</' dan 'diakhiri '>', dan atribut elemen dengan parameter yang dinyatakan dalam tag pembuka, contohnya <form name="isidata">. Perbedaannya, HTML mendefinisikan dari awal tag dan atribut standar yang sudah ditetapkan HTML, sedangkan XML menggunakan tag dan atribut yang dapat diubah sesuai kehendak kita^[3]. DTD berfungsi mendefinisikan tipe dokumen XML. DTD mendefinisikan struktur dokumen XML dengan daftar elemen yang digunakan seperti dalam deklarasi suatu variabel,

fungsi, dan deklarasi tipe data. DTD memungkinkan setiap file XML memiliki format yang unik. DTD sangat berguna untuk memastikan bahwa data yang diterima aplikasi yang mendukung XML (dalam hal ini ActionScript 3.0) adalah data yang valid. Unsur-unsur yang dideklarasikan dalam DTD adalah semua unsur pembentuk dokumen XML yaitu: elemen, atribut, dan entity (Junaedi, 2003).

D. Unified Modelling Language (UML)

UML merupakan bahasa yang umumnya digunakan untuk membuat rancangan perangkat lunak. UML digunakan untuk membuat visualisasi, menentukan, membangun, dan mendokumentasikan artefak dari sistem perangkat lunak yang handal. UML cocok untuk pemodelan sistem. UML mampu memberikan gambaran, mengatasi semua pandangan yang dibutuhkan untuk mengembangkan dan menyebarkan sistem tersebut. Meskipun ekspresif, UML tidak sulit dipahami dan digunakan (Booch, Rumbaugh, Jacobson, 2005). Beberapa diagram yang dalam UML yaitu class diagram, use case diagram, dan activity diagram.

Class diagram digunakan untuk membuat model rancangan tampilan statis dari sebuah sistem. Class diagram menunjukkan satu set kelas, interface, relasi, dan bagaimana mereka berkolaborasi untuk mencapai suatu tujuan. Use case diagram digunakan untuk memvisualisasikan perilaku sistem, subsistem, atau kelas sehingga pengguna dapat memahami bagaimana menggunakan elemen tersebut, dan pengembang dapat menerapkan elemen tersebut. Diagram use case adalah diagram yang menunjukkan penggunaan use case, aktor, dan relasinya. Diagram use case biasanya terdiri dari subjek, use case, aktor, dan relasinya. Sebuah activity diagram menunjukkan aliran dari satu aktivitas ke aktivitas lainnya. Eksekusi suatu aktivitas pada akhirnya meluas ke eksekusi terhadap aksi individual, yang masing-masing dapat mengubah kondisi sistem atau menyampaikan pesan. Aksi mencakup memanggil operasi lain, mengirimkan sinyal, membuat atau menghancurkan objek, atau perhitungan murni seperti mengevaluasi suatu ekspresi (Booch, Rumbaugh, Jacobson, 2005).

ANALISA DAN RANCANGAN SISTEM

A. Analisis dan Spesifikasi

Saat ini, pengajaran yang dilakukan terkait pelajaran geografi khususnya materi tentang tata surya pada SMA Katolik Cenderawasih hanya terbatas pada metode ceramah dimana guru geografi menjelaskan tentang tata surya, ciri-ciri planet, hubungan planet dan tata surya, bumi dan hubungannya dengan planet lain dalam tata surya. Materi ini dijelaskan di dalam kelas dan setiap siswa memiliki modul tersebut. Selain itu proses pembelajaran juga menggunakan penampilan video mengenai jagad raya dan tata surya yang belum menampilkan kondisi planet dan tata surya secara spesifik. Adanya video yang berasal dari Dinas Pendidikan dan Kebudayaan pun masih dianggap kurang. Adapun kesulitan yang dihadapi oleh guru geografi yaitu kurangnya media yang memberikan kemudahan bagi para

siswa untuk memahami revolusi dan rotasi planet dalam tata surya. Sedangkan menurut para siswa, pengajaran yang dilakukan mengenai tata surya terbilang menarik karena isi materinya menarik. Adapun sebagian siswa kesulitan memahami planet-planet berotasi dan berevolusi, mengingat jarak antara planet dengan Matahari, dan kurang memahami penjelasan dari guru. Sedangkan sebagian siswa lainnya tidak kesulitan memahami planet-planet dalam tata surya berotasi dan berevolusi karena media yang digunakan sudah cukup memadai untuk mengenal tata surya dan juga materi yang telah diajarkan pada SD dan SMP. Posisi setiap planet dalam tata surya pada tanggal 01 Januari 2000 kalender Julian dapat dilihat pada tabel 1 berikut

Tabel 1. Posisi Planet

Nama Planet	Bujur
Merkurius	252.25084
Venus	181.97973
Bumi	100.46435
Mars	355.45332
Jupiter	34.40438
Saturnus	49.94432
Uranus	313.23218
Neptunus	304.88003

Sumber : Williams(2013)

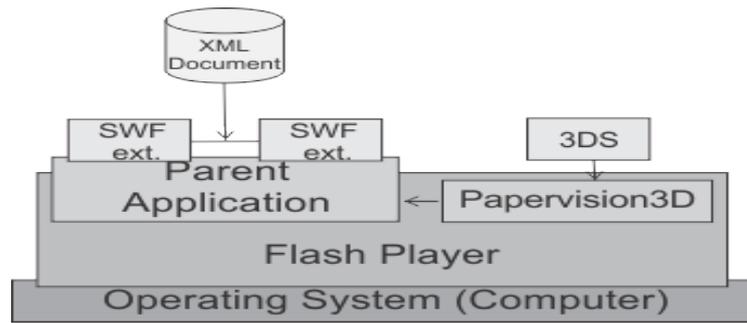
Posisi tersebut sebagai posisi awal dari planet dimana sistem koordinat tersebut berpusat pada Matahari, dimulai dari 0° sampai 360° . Titik 0° diambil berdasarkan posisi Matahari yang dilihat dari Bumi pada saat vernal equinox(mengarah pada titik Aries), sehingga posisi Bumi saat itu yaitu 180° .

Dari proses analisa sistem, maka fitur perangkat lunak yang perlu ada, diantaranya:

1. Tersedia fasilitas simulasi pergerakan planet dalam tata surya.
2. Tersedia fasilitas untuk memilih planet yang ingin dilihat pergerakannya.
3. Tersedia fasilitas untuk melihat simulasi dari ketinggian berbeda(mengatur ketinggian kamera).
4. Tersedia fasilitas untuk mengatur perbesaran kamera.
5. Tersedia fasilitas untuk mengatur skala radius Matahari dan planet.
6. Tersedia fasilitas untuk mengabaikan ukuran radius planet dan orbitnya.
7. Tersedia fasilitas audio yang memberikan penjelasan planet yang dipilih.
8. Tersedia fasilitas untuk mengatur besar volume audio.
9. Tersedia fasilitas untuk melihat penjelasan planet.
10. Tersedia fasilitas simulasi gerhana.
11. Tersedia fasilitas untuk melihat penjelasan dari istilah yang digunakan dalam materi.
12. Tersedia fasilitas latihan bagi siswa.

B. Arsitektur Aplikasi

Untuk menjalankan perangkat lunak simulasi yang dikembangkan dibutuhkan Flash Player yang telah terinstall di sistem seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.

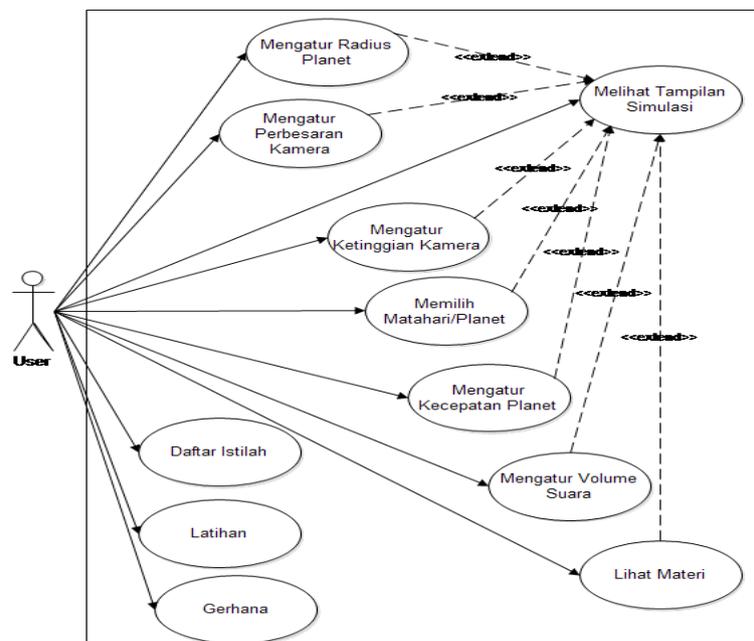


Gambar 1. Arsitektur Aplikasi

Simulasi dijalankan dengan Parent Application yang memanggil file-file swf lainnya. File-file swf yang dimaksud yaitu Papervision3DMovieClip.swf yang berfungsi menampilkan simulasi tata surya, Materi.swf untuk menampilkan penjelasan dari planet yang dipilih, DaftarIstilah.swf berfungsi memberikan penjelasan mengenai istilah yang digunakan dalam simulasi, dan Latihan.swf sebagai latihan kemampuan siswa. File Swf ini terhubung dengan dokumen XML untuk pengambilan data yang diperlukan sesuai dengan fungsi dari setiap file swf. Misalnya XML dokumen digunakan untuk menyimpan data tentang planet yang akan digunakan dalam simulasi pada Papervision3DMovieClip.swf, yaitu data mengenai nama planet, perihelion, aphelion, radius planet, kemiringan planet, periode rotasi, arah rotasi, nama file gambar yang digunakan untuk material planet, nama file suara yang digunakan sebagai penjelas planet, dan nama file .3DS yang digunakan untuk cincin planet bila ada.

1. Use Case Diagram

Use case diagram dari perangkat lunak yang dibuat dapat dilihat pada gambar di bawah.

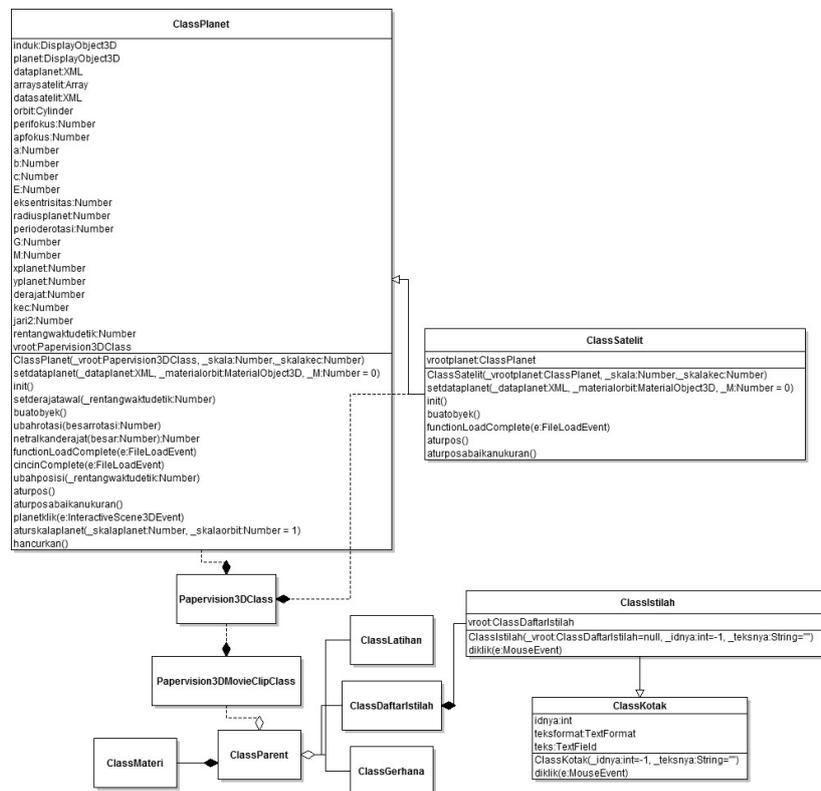


Gambar 2. Use Case Diagram

Use case diagram pada Gambar 2 menunjukkan pengguna yang dapat melihat tampilan simulasi tata surya. Pengguna dapat memilih Matahari atau planet yang ingin dilihat simulasinya. Terdapat audio yang memberikan penjelasan terhadap objek yang dipilih. Pengguna dapat mengatur besar volume suara dan memilih untuk menggunakan audio atau tidak. Dalam simulasi, pengguna juga dapat mengatur ketinggian sudut pandang kamera pengguna pada simulasi, mengatur perbesaran kamera untuk melihat objek lebih jelas, mengatur skala radius planet, mengatur kecepatan rotasi maupun revolusi planet, dan juga melihat teks dan gambar yang memberi penjelasan materi lebih lanjut mengenai objek yang dipilih. Pengguna dapat melihat daftar istilah yang digunakan pada materi. Latihan diberikan untuk menguji pemahaman terhadap materi. Selain itu pengguna juga dapat melihat tampilan simulasi gerhana.

2. Class Diagram

Class diagram dari perangkat lunak yang dibuat dapat dilihat pada gambar di bawah.



Gambar 3. Class Diagram

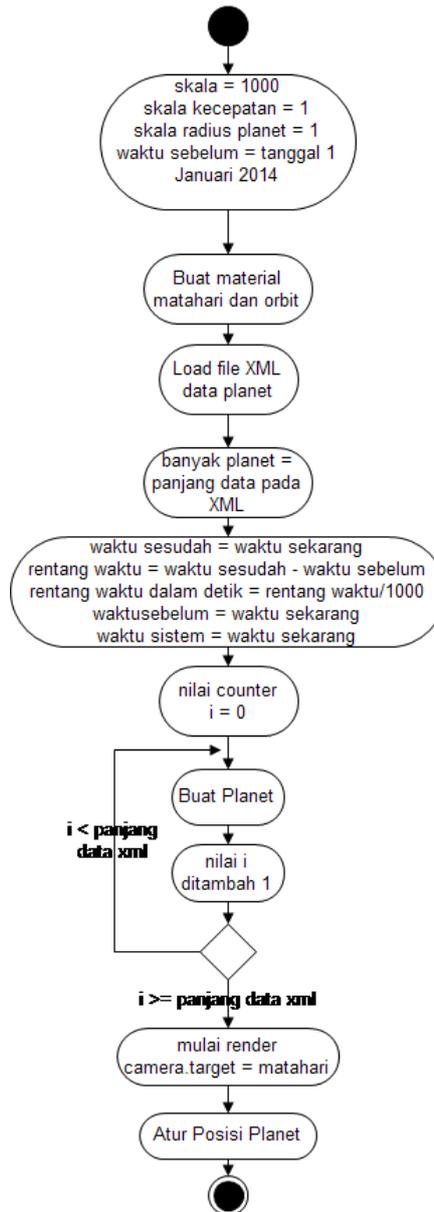
Class Diagram pada Gambar 3 menunjukkan hubungan antarkelas yang digunakan untuk membuat perangkat lunak simulasi. Kelas-kelas yang terdapat pada perangkat lunak ini yaitu ClassParent, Papervision3DMovieClipClass, Papervision3DClass, ClassPlanet, ClassSatelit, ClassMateri, ClassLatihan, ClassGerhana, ClassDaftarIstilah, ClassStilah, dan ClassKotak.

Kelas ClassParent merupakan kelas utama dimana kelas-kelas lain dipanggil melalui ClassParent. Kelas Papervision3DMovieClipClass, ClassLatihan, ClassGerhana, dan

ClassDaftarIstilah merupakan agregasi dari kelas ClassParent. Sedangkan kelas ClassMateri merupakan komposisi dari kelas ClassParent. Kelas Papervision3DClass merupakan komposisi dari Papervision3DMovieClipClass dan nilai-nilainya bergantung pada kelas tersebut. ClassSatelit merupakan turunan dari ClassPlanet sehingga memiliki atribut dan fungsi dari ClassPlanet. Kelas ClassPlanet dan ClassSatelit dibuat dalam Papervision3DClass dan nilai-nilainya bergantung pada kelas tersebut. Kelas ClassIstilah dibuat dalam ClassDaftarIstilah. ClassIstilah ini merupakan turunan dari kelas ClassKotak sehingga memiliki atribut dan fungsi dari ClassKotak.

3. Activity Diagram

Activity diagram untuk melihat tampilan simulasi pergerakan planet dimulai dengan memberi nilai awal skala = 1000, skala kecepatan planet = 1, skala radius planet = 1, dan nilai variabel waktusebelum diambil dari tanggal 01 Januari 2000. Setelah itu, material dari objek matahari dan material untuk orbit planet dibuat. File dataplanet.xml di-load untuk mengetahui data mengenai pergerakan planet. Banyak planet diisi dengan banyaknya data pada file XML. Nilai variabel waktusesudah diambil dari waktu sekarang. Rentang waktu yaitu selisih antara variabel waktusesudah dengan variabel waktusebelum. Nilai variabel waktusesudah diisi kembali dengan waktu sekarang. Mulai perulangan untuk membuat objek planet sesuai data pada file XML. Target dari kamera yaitu Matahari. Kemudian, mulai render setiap objek untuk ditampilkan pada layar dan setiap planet diatur posisinya. Activity diagram untuk melihat tampilan simulasi pergerakan planet ditunjukkan pada gambar 4.

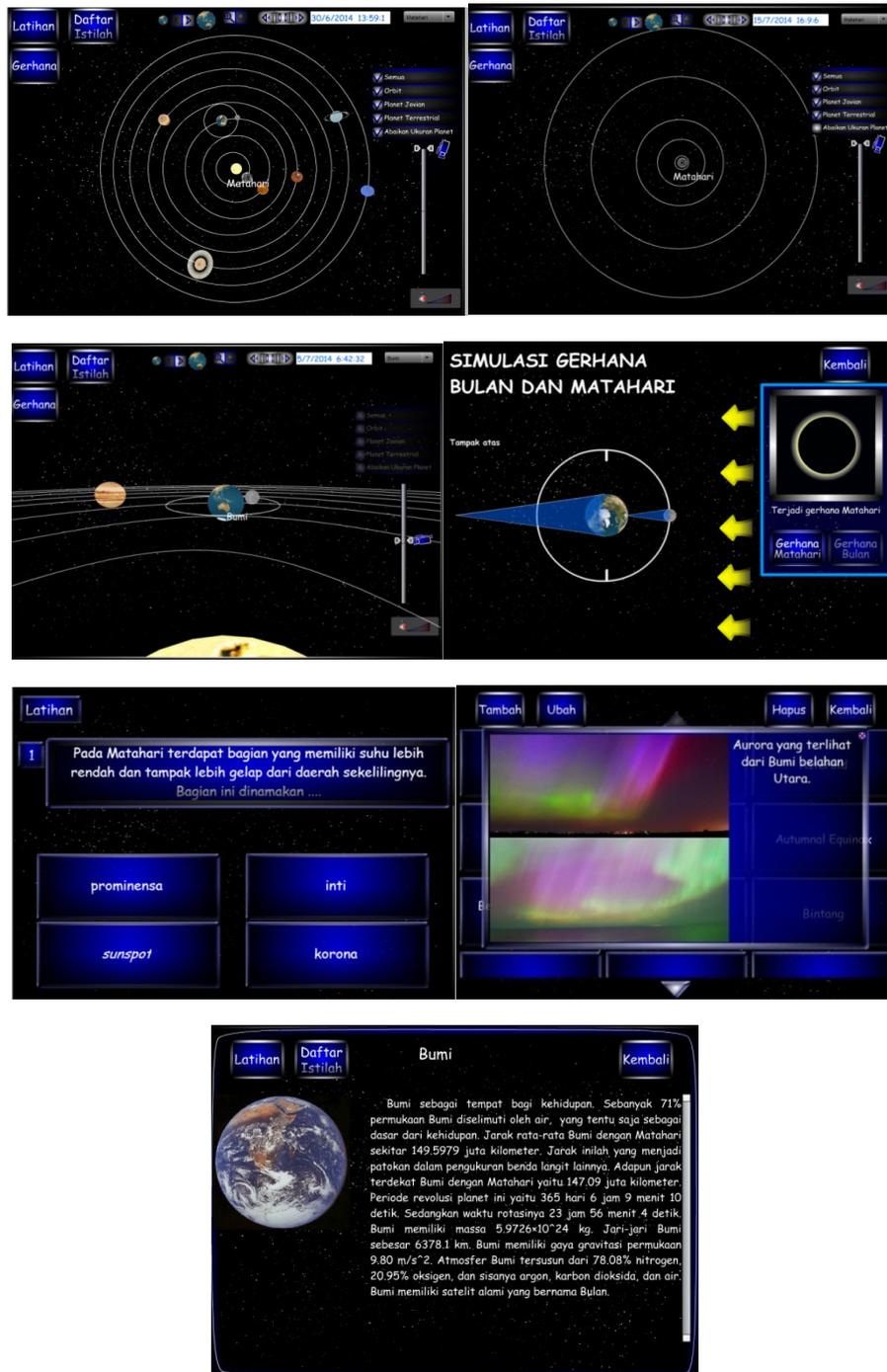


Gambar 4. Activity Diagram Melihat Tampilan Simulasi

PENGUJIAN SISTEM

Dalam penelitian ini, pengujian Black-Box dilakukan terhadap perangkat lunak yang telah dibuat dari aspek spesifikasi fungsional. Pengujian dimaksudkan untuk mengetahui fungsi-fungsi, masukan, dan keluaran dari perangkat lunak simulasi yang sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan (Rosa & Shalahuddin, 2011). Black-box testing dilakukan dengan membuat kasus uji yang bersifat mencoba semua fungsi dengan menggunakan perangkat lunak untuk mengetahui apakah semua fungsi sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan. Kasus uji yang dibuat harus dengan kasus benar dan salah untuk melakukan pengujian kotak hitam, seperti contoh untuk proses login kasus uji yang dibuat yaitu jika user memasukkan username dan password yang benar dan jika user memasukkan username dan password yang salah (Rosa & Shalahuddin, 2011).

Dari proses pengujian Black-box untuk semua spesifikasi fungsional atau fitur yang telah ditetapkan dapat bekerja sesuai yang diharapkan, piranti lunak simulasi yang dibuat dapat menampilkan pergerakan-pergerakan planet-planet secara lebih nyata. Gambar 6 menunjukkan beberapa tampilan software simulasi yang sedang dijalankan, seperti melakukan simulasi pergerakan planet-planet dan matahari, fitur perubahan kamera atau letak sudut pandang, kemampuan simulasi gerhana bulan dan matahari, fitur latihan tanya-jawab, fitur penambahan soal, dan daftar istilah yang umum digunakan dalam materi bahasan sistem tata surya.



Gambar 6. Screen-shoot hasil pengujian program simulasi yang dikembangkan

KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan, disimpulkan bahwa:

1. Telah dibuat aplikasi simulasi sistem tata surya beserta informasi dari setiap planet yang ada di dalamnya untuk pembelajaran geografi bagi siswa SMA. Aplikasi simulasi dirancang menggunakan Unified Modelling Language (UML), yang terdiri dari use case diagram, class diagram, dan activity diagram. Sedangkan perancangan basis data menggunakan Document Type Definition (DTD). Rancangan diimplementasikan ke dalam perangkat lunak menggunakan Adobe Flash yang didukung dengan bahasa pemrograman ActionScript 3.0 dan pustaka Papervision3D serta media penyimpanan data dalam format eXtensible Markup Language (XML). Papervision3D dimanfaatkan untuk membuat animasi pergerakan planet-planet, membuat objek 3D dari objek-objek pada tata surya, memasukkan tekstur atau material pada setiap objek, memasukkan objek 3DS untuk planet yang bercincin seperti Saturnus dan Uranus.
2. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat menampilkan simulasi tata surya yang terdiri dari Matahari dan kedelapan planetnya, menampilkan informasi dari objek-objek dalam simulasi, menampilkan simulasi gerhana Matahari dan gerhana Bulan, melakukan latihan menjawab soal yang berkaitan dengan tata surya, dan menampilkan daftar istilah yang digunakan dalam tata surya untuk keperluan mata pelajaran geografi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Booch, G., Rumbaugh, J., Jacobson, I. 2005. *The Unified Modeling Language User Guide*. New Jersey: Pearson Education, Inc.
- [2] Gautama, S. E. 2010. *Astronomi dan Astrofisika*. <http://paradoks77.blogspot.com> 25 Desember 2013
- [3] Junaedi. 2003. *Pengantar XML*. www.ilmukomputer.com 24 Februari 2014
- [4] Karttunen, H., Kroger, P., Oja, H., Poutanen, M., Donner, K.J. 2007. *Fundamental Astronomy (5th ed.)* Berlin: Springer-Verlag.
- [5] Rosa & Shalahuddin. 2011. *Modul Pembelajaran Rekayasa Perangkat Lunak (Terstruktur dan Berorientasi Objek)*. Bandung: Penerbit Modula.
- [6] Rosenzweig, G. 2011. *ActionScript 3.0 Game Programming University (2nd ed.)* Indianapolis: Que Publishing.
- [7] Sridadi, B. 2009. *Pemodelan Dan Simulasi Sistem - Teori, Aplikasi, dan Contoh Program dalam Bahasa C*. Bandung: Penerbit Informatika.
- [8] Sunyoto, A. 2010. *Adobe Flash + XML = Rich Multimedia Application*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- [9] Widada, H. 2010. *Mudah Membuat Media Pembelajaran Multimedia Interaktif*. Yogyakarta: Pustaka Widyatama.
- [10] Williams, D.R. 2013. *Planetary Fact Sheet*. <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/index.html> 5 Januari 2014
- [11] Winder, J., & Paul Tondeur. 2009. *Papervision 3D Essentials*. Birmingham: Packt Publishing..