

PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK E-LEARNING BERBASIS KOMPONEN MULTIPLATFORM

Irma Salamah¹, Muhammad Aris Ganiardi²

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Sriwijaya
Jalan Srijaya Negara Bukit Besar Palembang 30139
Jurusan Manajemen Informatika, Politeknik Negeri Sriwijaya,
Jalan Srijaya Negara Bukit Besar Palembang 30139
E-mail : irma.salamah@yahoo.com

ABSTRAK

Perangkat lunak *e-learning* merupakan produk teknologi informasi dan komunikasi yang digunakan untuk membantu proses belajar mengajar yang dinamis dan fleksibel antara guru dan siswa. Teknologi perangkat lunak yang pertama kali digunakan dalam pengembangan perangkat lunak *e-learning* berbentuk aplikasi *web*. Keunggulan teknologi ini karena kemudahan dalam pengembangan, instalasi, dan distribusi data. Seiring dengan kemajuan teknologi perangkat elektronika *mobile/wireless*, perangkat lunak *e-learning* diadaptasi ke teknologi ini yang dikenal sebagai *mobile learning*. Kemampuan perangkat elektronika ini sama dengan komputer tunggal meskipun berbentuk lebih sederhana dibandingkan komputer tunggal. Permasalahan yang muncul ketika perangkat lunak *e-learning* beroperasi pada multi platform adalah program komputer dibuat berulang-ulang bergantung pada platform yang digunakan. Keadaan ini jelas akan mempengaruhi kualitas perangkat lunak *e-learning*. Pengembangan perangkat lunak berbasis komponen merupakan paradigma modern pengembangan perangkat lunak yang menghasilkan komponen perangkat lunak yang *reusable* (mudah digunakan ulang), berkualitas tinggi, dan hemat biaya. Pada pengembangan perangkat lunak komponen perangkat lunak akan dirakit di perangkat lunak yang membutuhkan. Fokus penelitian ini adalah mengembangkan perangkat lunak *e-learning* multi platform berbasis komponen yang berkualitas tinggi.

Kata kunci : *e-learning*, aplikasi *web*, *mobile learning*, komponen perangkat lunak

Abstract

E-learning software is a product of information and communication technologies are used to help the learning process that is dynamic and flexible between teachers and students. The software technology was first used in the development of e-learning software in the form of web applications. The advantages of this technology because of the ease in the development, installation and distribution data. Along with the technological advances of electronic devices mobile / wireless, e-learning software adapted to this technology were to be shot as mobile learning. The ability of this electronic device is equal to a single computer even though the form is simpler than a single computer. The problems that arise when the e-learning software operates on multiple platforms is a computer program made repeated depending on the platform used. This situation will clearly affect the quality of e-learning software. The development of component-based software is the modern paradigm of software development that produces reusable software components (easily reused), high-quality, and cost-effective. In software development software components will be assembled in software requires. The focus of this research is to develop an e-learning software-based multi-platform high-quality components.

Key Words : *E-learning, web application, mobile learning, Component software*

PENDAHULUAN

Proses belajar mengajar antara siswa dan guru secara konvensional dilakukan di kelas dan dijadwalkan dalam kurun waktu tertentu. Tentu proses belajar mengajar seperti ini tidak efektif dan efisien karena kurangnya interaksi antara antara siswa dan guru. Jika siswa mengalami kesulitan dalam belajar maka siswa sulit berkomunikasi dengan gurunya. Sebaliknya juga guru tidak bisa mengontrol proses belajar siswa secara optimal. Diperlukan suatu media yang bisa menaungi kegiatan belajar mengajar antara guru dan siswa.

Sistem *e-learning* merupakan salah satu produk teknologi informasi dan komunikasi yang dapat digunakan untuk membantu proses belajar mengajar antara siswa dan guru. Teknologi ini terdiri dari komponen-komponen perangkat lunak, perangkat keras, infrastruktur jaringan, basis data, dan prosedur-prosedur penggunaan yang memungkinkan siswa dan guru dapat berkomunikasi secara *on-line* 24 jam. Perangkat lunak *e-learning* digunakan sebagai media interaksi antar pengguna, basis data digunakan sebagai tempat untuk menyimpan data di *e-learning*, dan infrastruktur jaringan media pendistribusian data *e-learning* pada pengguna.

Fitur-fitur yang dimiliki oleh *e-learning* semakin bertambah dan lengkap seiringan bertambahnya penelitian dibidang rekayasa perangkat lunak dan sains komputer. Dibidang rekayasa perangkat lunak lebih berfokus pada bentuk pemrograman yang menginginkan program komputer yang efektif dan efisien. Peran penelitian dibidang sains komputer lebih memberikan kontribusi yang lebih besar lagi pada sistem *e-learning* seperti dikembangkannya mesin pembelajaran (*Machine Learning*), pembelajaran berbasis kasus (*Case Base Learning*), dan sistem pembelajaran cerdas (*Intelligent Tutoring System*) (Jaidan dan Mohammad, 2010).

Pengaksesan perangkat lunak *e-learning* tidak lagi sebatas pada penggunaan komputer tunggal, tetapi sudah merambahkan teknologi perangkat elektronika *mobile/wireless* (tanpa kabel) lain seperti *smartphone* dan *tablet*. Dengan adanya teknologi *mobile/wireless* ini maka penggunaan *e-learning* lebih dinamis tidak dibatasi pada satu tempat saja, tetapi bisa dilakukan dimana saja. Pemanfaatan teknologi *mobile/wireless* pada penerapan sistem *e-*

learning disebut dengan *Mobile Learning* atau disingkat *M-Learning* (Cardina et al, 2011).

Fleksibilitas perangkat lunak *e-learning* yang mampu beroperasi di banyak perangkat elektronika (multi platform) membutuhkan suatu bentuk arsitektur perangkat lunak yang mampu memudahkan pengembang perangkat lunak *e-learning*. Pengembangan perangkat lunak berbasis komponen merupakan bentuk pengembangan perangkat lunak modern yang mampu menghasilkan sebuah perangkat lunak yang mudah digunakan ulang, berkualitas tinggi, dan hemat waktu. Fokus penelitian ini adalah mengembangkan perangkat lunak yang mampu beroperasi di banyak perangkat elektronika tanpa mengabaikan kualitas perangkat lunak itu sendiri.

Permasalahan yang muncul dalam penggunaan perangkat lunak *e-learning* adalah pengembangan perangkat lunak multi platform memerlukan sumber daya yang sangat besar sehingga tidak efektif dan efisien. Program komputer dibuat berdasarkan lingkungan perangkat elektronika tempat program tersebut beroperasi. Setiap perangkat elektronika tersebut memiliki sistem operasi yang berbeda. Karakteristik program komputer yang beroperasi di komputer dalam bentuk aplikasi *web* berbeda dengan program komputer dalam bentuk *mobile*.

Salah satu paradigma pemrograman yang mampu beradaptasi dengan besarnya kebutuhan pengguna adalah pengembangan perangkat lunak berbasis komponen. Komponen perangkat lunak merupakan paradigma baru dalam pemrograman dan pengembangan perangkat lunak. prinsip paradigma ini adalah memodularisasi kode-kode program komputer yang membentuk suatu spesifikasi khusus yang nanti disebut dengan komponen. Selanjutnya komponen tersebut dirakit ke perangkat lunak yang membutuhkan spesifikasi komponen tersebut. Ciri khas sebuah komponen adalah komponen mempunyai antarmuka yang nanti digunakan sebagai media komunikasi antar komponen.

(Szyperki, 1999) memberikan dua definisi komponen perangkat lunak sebagai berikut :

- a. Komponen perangkat lunak adalah unit-unit biner yang dibuat secara independen, akusisi, dan disebarluaskan pada banyak perangkat lunak untuk

memenuhi fungsional perangkat lunak tersebut.

- b. Sebuah komponen perangkat lunak adalah sebuah komposisi unit dengan spesifikasi yang tetap dan dibuat tidak bergantung antara satu dengan yang lain. Sebuah komponen perangkat lunak dapat dibuat secara terpisah yang dibuat oleh pihak ketiga.

METODOLOGI PENELITIAN

Ada dua tahapan utama yang dilakukan pada penelitian yaitu : pengumpulan kebutuhan data dan pengembangan perangkat lunak *e-learning* berbasis komponen dalam bentuk aplikasi *web* dan *mobile*.

Metode Pengumpulan Data dan Kebutuhan

a. Studi Literatur

Metode ini dilakukan dengan mengkaji beberapa literatur yang berkaitan dengan penelitian *e-learning*, aplikasi *web*, aplikasi *mobile*, dan pengembangan perangkat lunak berbasis komponen. Literatur-literatur tersebut diperoleh dari :

- Buku-buku dan jurnal-jurnal penelitian baik oleh penulis dari dalam negeri maupun dari luar negeri.
- Data sekolah menengah atas.
- Informasi dari media masa, seperti surat kabar dan internet.

b. Survei

Pelaksanaan metode ini dengan melakukan observasi, kuesioner dan wawancara langsung pada SMA N 6 di kota Palembang. Peneliti mendatangi langsung ke sekolah tersebut untuk melakukan pengamatan dan wawancara kepada guru, siswa, dan pimpinan sekolah mengenai bagaimana mereka memanfaatkan teknologi informasi yang ada dalam melakukan proses belajar mengajar.

Pembangunan aplikasi web *e-learning* berbasis komponen

Metode pengembangan aplikasi web *e-learning* yang akan digunakan pada penelitian ini adalah metode spiral. Secara umum metode spiral memiliki lima fase yaitu : (1) Analisis, (2) perancangan, (3) Pengkodean, (4) Pengujian, (5) Pemeliharaan. Metode spiral merupakan pengembangan dari metode *waterfall*. Metode ini dipilih dalam pengembangan perangkat lunak karena metode ini mengizinkan pengembang kembali ke fase sebelumnya ketika ditemukan sebuah kesalahan. Sebagai contoh jika saat ini pengembang berada di fase pengkodean dan

pengembang menemukan kesalahan terjadi di fase analisis maka pengembang dapat kembali ke fase analisis. Pada fase analisis tersebut pengembang dapat memperbaiki kesalahan tersebut sampai benar. Aplikasi web yang akan dibuat dengan menggunakan bahasa pemrograman Java menggunakan IDE (*Integrated Development Environment*) Eclipse dan DBMS (*Database Management System*) MySQL di atas Sistem Operasi Windows 7 (*seven*). Pemilihan bahasa pemrograman Java, Netbeans dan MySQL dilakukan karena bersifat *freeware* kecuali untuk sistem operasi Windows 7 (*seven*).

Berikut ini penjelasan tahapan pengembangan perangkat lunak menggunakan metode spiral

a. Analisis

1. *Pengumpulan kebutuhan*: data yang dikumpulkan adalah kebutuhan primer dan sekunder. Kebutuhan primer berasal dari data yang diambil langsung dari para *user* dan *stakeholder* pengguna perangkat lunak *e-learning*.
2. *Analisis kebutuhan*: Kebutuhan yang telah terkumpul diinterpretasi maksud dari kebutuhan yang didapat.

b. Perancangan

1. *Rancangan basis data*: Perancangan basis data dilakukan dengan menggunakan DBMS MySQL serta melakukan pembuatan *query-query* yang nanti akan digunakan oleh sistem.
2. *Rancangan antarmuka*: Merancang tampilan masukan dan keluaran yang berbasis GUI (*Graphical User Interface*) menggunakan IDE Netbeans. Komponen *primeface* digunakan untuk adaptasi perubahan antarmuka perangkat lunak terhadap perangkat elektronik yang mengaksesnya
3. *Rancangan komponen*: Merancang modul-modul program yang nantinya akan digunakan pada saat pengkodean sistem. Rancangan modul dapat berbentuk algoritma, notasi UML dan *pseudo-code*.

c. Pengkodean

1. *Pembuatan kode komponen program*: kode program dibuat dan dimodularisasi berdasarkan spesifikasi yang telah ditetapkan dari hasil analisis.
2. *Perakitan komponen*: komponen-komponen yang telah dibuat dirakit ke aplikasi *web*.

d. Pengujian

1. *Pengujian basis data*: pengujian koneksi basis data dan akurasi *query* basis data.
2. *Pengujian sistem*: pengujian secara keseluruhan dari sistem baik dari masukan, proses dan keluaran sistem.
3. *Pengujian program*: pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kualitas komponen aplikasi web.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perangkat lunak *e-learning* berbasis komponen multiplatform yang dikembangkan diberi kode FUOLC. Hasil-hasil yang didapatkan dari siklus pengembangan perangkat lunak *e-learning* menggunakan model spiral.

Hasil Pengelolaan Statistik

Analisis deskriptif digunakan untuk menggambarkan data dalam bentuk kuantitatif dengan tidak menyertakan pengambilan keputusan melalui hipotesis. Data dipresentasikan kedalam bentuk deskriptif tanpa diolah dengan teknik-teknik analisis statistik lainnya. Analisis deskriptif digunakan untuk menghitung nilai minimum, maksimum, rata-rata, standar deviasi, dan jumlah total (Jonathan Sarwono, 2009).

Untuk itulah digunakan analisis deskriptif pada penelitian ini. Analisis deskriptif pada penelitian ini hanya untuk mengetahui bagaimana pengetahuan siswa dan guru mengenai internet, *e-learning*, frekuensi penggunaan internet, dan fasilitas pendukung untuk *e-learning*.

Dari kedua hasil pengolahan data diatas dapat disimpulkan bahwa di SMU N 6 Palembang, proses belajar mengajar masih dilakukan secara konvensional, dan pengetahuan internet yang masih kurang. Untuk itu diperlukan penerapan *e-learning* agar proses belajar mengajar dapat berjalan lebih efektif dan efisien.

Kebutuhan Fungsional dan Non Fungsional FUOLC

Hasil analisis kebutuhan didapatkan kesimpulan bahwa guru dan siswa menginginkan aplikasi web *e-learning* FUOLC bersifat sederhana dan mudah digunakan. Adapun fungsionalitas yang dimiliki oleh FUOLC adalah sebagai berikut :

Kebutuhan Fungsionalitas

Kebutuhan-kebutuhan fungsionalitas dari sistem yang akan dibangun adalah sebagai berikut:

1. Sistem mampu melakukan proses Autentifikasi yaitu proses keamanan yang akan memvalidasi pengguna pada saat memasuki sistem melalui mengecek langsung ke daftar mereka yang diberikan hak untuk memasuki sistem tersebut.
2. Sistem dapat mengolah data mata pelajaran baik itu menambahkan, mengubah atau menghapus data mata pelajaran pada sistem.
3. Sistem dapat mengolah data guru baik itu menambahkan, mengubah atau menghapus data guru pada sistem.
4. Sistem dapat mengolah data siswa baik itu menambahkan, mengubah atau menghapus data siswa pada sistem.
5. Sistem dapat mengolah data kelas baik itu menambahkan, mengubah atau menghapus data kelas pada sistem.
6. Sistem dapat on-line 24 jam melalui jaringan internet.
7. Proses pencarian data dapat dilakukan ± 1 sekon dalam satu kali pencarian

Prosedur dan Proses Bisnis FUOLC

Perangkat lunak yang akan dikembangkan diberi kode FUOLC. Secara umum proses bisnis penggunaan FUOLC dibagi menjadi lima kategori sebagai berikut :

1. Pendaftaran guru dan siswa

Seorang guru dan siswa untuk dapat menggunakan fasilitas FUOLC harus terlebih mendaftarkan diri ke FUOLC. Cara pendaftaran guru dilakukan dengan menghubungi administrator FUOLC melalui via *e-mail*. Administrator akan membuat konten pelajaran berdasarkan permintaan guru. Pendaftaran siswa dilakukan dengan mengisi *form* pendaftaran yang ada di halaman depan FUOLC. Setelah siswa mendaftar ke FUOLC, siswa dapat login ke FUOLC. Di halaman siswa terdapat *form* pendaftaran peserta pelajaran. Siswa dapat mengikuti perpelajaran sebagai peserta pelajaran setelah mengisi *form* pendaftaran peserta pelajaran.

2. Otentikasi dan otorisasi

Seorang pengguna akan login terlebih dahulu sebelum masuk ke dalam FUOLC dengan memasukkan NIP, NIS, kata kunci dan level pengguna. FUOLC akan melakukan otentikasi dan otorisasi setiap pengguna yang login. Hasil otentikasi dan otorisasi maka akan diketahui hak akses setiap pengguna.

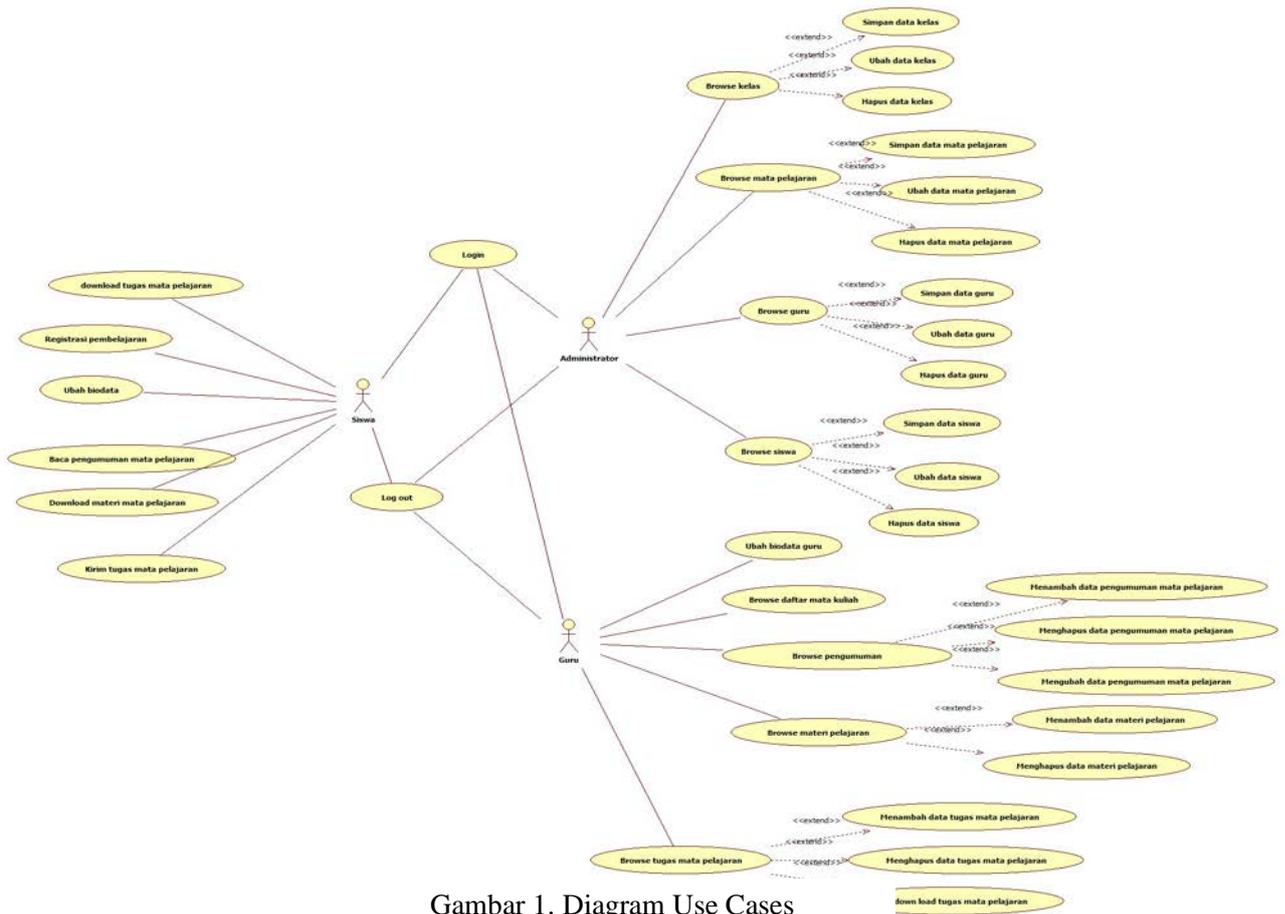
3. Pengelolaan data FUOLC
Proses pengelolaan data dilakukan oleh administrator. Bentuk pengelolaan data berupa menambah, menghapus, mengubah, dan menampilkan data program studi, guru, siswa, mata pelajaran, dan berita. Khusus pengelolaan data mata pelajaran merupakan implementasi dari konten pelajaran. Mata pelajaran ditambahkan ke FUOLC karena permintaan guru.
4. Distribusi bahan pelajaran
Proses distribusi bahan pelajaran dapat dilakukan dengan dua cara. Cara pertama yang bisa dilakukan dengan menuliskan langsung bahan pelajaran di halaman *form* bahan pelajaran. Cara kedua guru dapat meng-*up load file* bahan pelajaran. Besar ukuran *file* yang dapat di-*up load* maksimum lima MB. Pendistribusian bahan pelajaran berdasarkan mata pelajaran yang diasuh oleh guru. Siswa dapat men-*down load file* bahan pelajaran *form* bahan pelajaran di konten pelajaran yang diikuti oleh siswa.
5. Pengiriman tugas
Guru dapat memberikan tugas ke siswa melalui *form* pengumuman pelajaran. Siswa dapat menggumpulkan tugas pelajaran melalui *form* tugas siswa FUOLC. Besarnya *file* yang dapat di-*up load* maksimum 5 MB. *File-file* tugas siswa dapat di-*down load* oleh guru di daftar tugas siswa sesuai dengan kategori konten pelajaran.
6. Media informasi pelajaran
Administrator dan guru dapat memberikan informasi berkaitan dengan penggunaan FUOLC. Administrator dapat memberikan berita yang berhubungan dengan kegiatan akademik di SMU N 6. Guru dapat memberikan pengumuman seperti pembatalan atau penambahan pelajaran, pemberian dan pengumpulan tugas kaliah, atau ada bahan pelajaran yang baru saja di-*up load*.

Diagram Use Case Perangkat Lunak E-learning

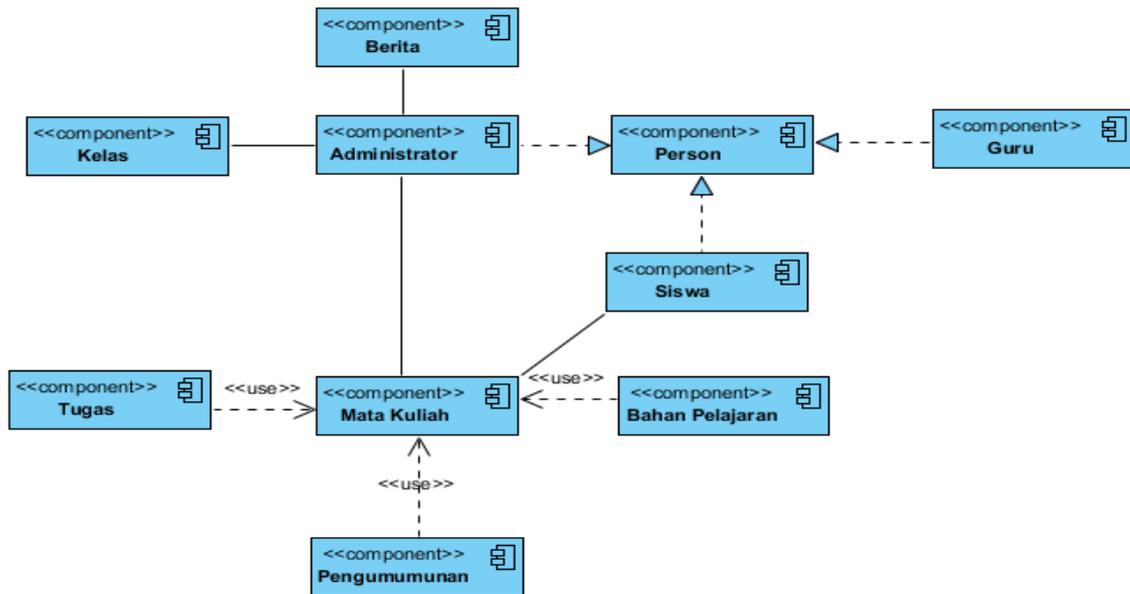
Diagram *use case* menunjukkan interaksi antara aktor dengan perangkat lunak *e-learning*. Ada tiga aktor yang berinteraksi dengan FUOLC yaitu Administrator

yang bertanggung jawab dengan keseluruhan sistem, guru dan siswa sebagai pengguna utama FUOLC dan pengunjung yang mempunyai hak hanya melihat-lihat halaman utama FUOLC. Bentuk interaksi antara aktor dan FUOLC merupakan implementasi dari kebutuhan-kebutuhan fungsionalitas dari guru dan siswa.

Gambar 2 menunjukkan komponen-komponen entitas yang mengkonstruksi FUOLC. Penentuan komponen-komponen ini berdasarkan *use case-use case* yang terdapat di diagram *use case*.

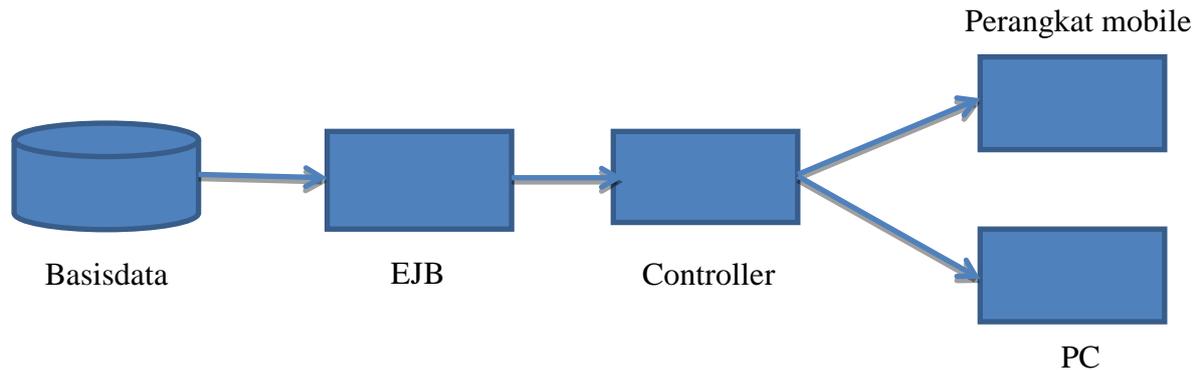


Gambar 1. Diagram Use Cases



Gambar 2. Diagram Komponen FUOLC

Arsitektur Perangkat Lunak *E-learning*



Gambar 3. Arsitektur FUOLC

Arsitektur FUOLC terdiri dari 2 elemen utama yaitu elemen EJB dan elemen web. Pada elemen EJB terdapat paket entitas yang terdiri dari komponen-komponen entitas yang dimiliki oleh FUOLC. Program komponen entitas mendeskripsikan spesifikasi dari entitas-entitas FUOLC. Paket kedua yang dimiliki oleh elemen EJB adalah paket model yang berisikan komponen-komponen yang terhubung dengan basisdata. Setiap data yang diperlukan maka FUOLC akan mengaktifkan komponen-komponen model. Elemen utama kedua yang dimiliki oleh FUOLC adalah elemen web. Pada elemen ini terdapat 2 paket yaitu paket *controller* yang berfungsi mengatur aliran data pada FUOLC dan paket web yang berisikan komponen-komponen antarmuka FUOLC.

Perangkat lunak *e-learning* FUOLC dapat diakses oleh berbagai perangkat elektronik seperti komputer dan perangkat mobile (*tablet* dan *smartphone*). Ketika FUOLC diakses oleh komputer maka tampilan antarmuka FUOLC akan menyesuaikan dengan layar komputer. Begitu juga saat FUOLC diakses oleh perangkat *mobile* maka antarmuka FUOLC akan menyesuaikan dengan layar perangkat *mobile*. Penyesuaian antarmuka FUOLC tidak membuat tata letak tampilan FUOLC menjadi tidak nyaman digunakan oleh siswa dan guru.

Aliran data dan aksi-aksi pada FUOLC akan diatur oleh komponen-komponen controller. Apabila diperlukan data-data yang terdapat pada basisdata maka komponen controller akan menghubungkan komponen model. Selanjutnya komponen model akan mengirimkan data ke komponen controller.

Terakhir komponen antarmuka akan menampilkan data di antarmuka FUOLC sesuai dengan kebutuhan siswa dan guru.

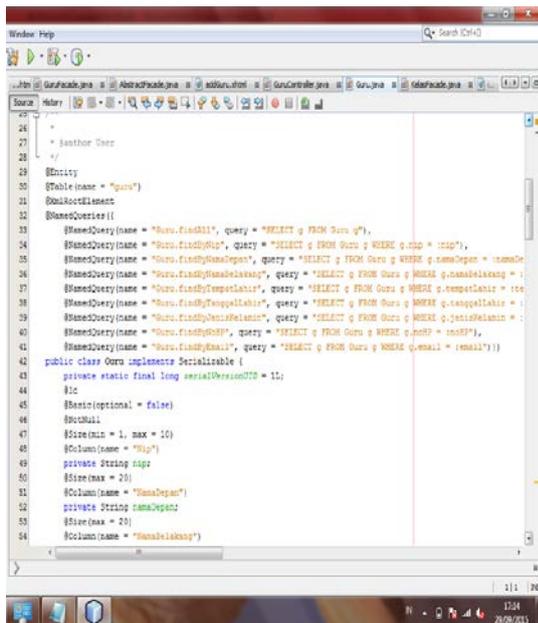
Pengujian perangkat lunak *e-learning* berbasis komponen FUOLC dilakukan berdasarkan faktor kualitas *reusability* dan *maintainability*. Cara pengujian dilakukan dengan cara memeriksa kode-kode program komputer FUOLC berdasarkan sub faktor-sub faktor pengukuran kedua faktor kualitas tersebut. Berdasarkan model McCall's, faktor kualitas *maintainability* memiliki enam subfaktor kualitas yang bisa digunakan untuk mengetahui faktor kualitas tersebut yaitu : *simplicity*, *modularity*, *coding and documentation*, *self descriptiveness*, *consistency*, dan *document accessibility*. Sub faktor yang dimiliki oleh faktor kualitas *reusability* ada tujuh subfaktor yaitu : *modularity*, *document accessibility*, *software system independence*, *application independence*, *self descriptive*, *generality*, dan *simplicity*.

Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada FUOLC dengan menggunakan subfaktor kedua faktor kualitas maka didapatkan hasil FUOLC memenuhi semua subfaktor-subfaktor faktor kualitas *reusability* dan *maintainability*. Hasil analisis yang dilakukan terhadap FUOLC mampu mengatasi perubahan-perubahan kebutuhan guru dan siswa yang besar dan variatif.

Tabel I. Hasil pengujian perangkat lunak *e-learning* berbasis komponen multiplatform FUOLC dengan menggunakan faktor kualitas *maintainability* dan *reusability*

Faktor kualitas	Sub faktor kualitas	FUOLC
<i>Maintainability</i>	<i>Simplicity</i>	*
	<i>Modularity</i>	*
	<i>Coding and Documentation</i>	*
	<i>Consistency</i>	*
	<i>Document Accessibility</i>	*
	<i>Self Descriptiveness</i>	*
<i>Reusability</i>	<i>Modularity</i>	*
	<i>Document Accessibility</i>	*
	<i>Software System Independence</i>	*
	<i>Application Independence</i>	*
	<i>Self Descriptive</i>	*
	<i>Generality</i>	*
	<i>Simplicity</i>	*

*) Terpenuhi



Gambar 4. Potongan kode komponen entitas FUOLC

KESIMPULAN dan SARAN

Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan selama melakukan penelitian ini adalah

- Perangkat lunak *e-learning* FUOLC berbasis komponen multiplatform mempunyai struktur program yang sederhana dan mudah dipahami. Komponen-komponen perangkat lunak *e-learning* ini dibuat berdasarkan kebutuhan-kebutuhan guru dan siswa SMA N 6 Palembang.
- Komponen-komponen yang sudah dibuat dan dirakit antara satu dengan yang lain membentuk satu kesatuan yang terintegrasi.
- Perangkat lunak *e-learning* FUOLC dapat beradaptasi terhadap banyak perangkat elektronik yang memiliki platform tersendiri ketika mengaksesnya. Adaptasi ini tidak mempengaruhi data dan kenyamanan penggunaan perangkat lunak.
- Berdasarkan hasil pengujian komponen-komponen perangkat lunak *e-learning* FUOLC memiliki kualitas *reusability* dan *maintainability*. *Reusability* adalah kemampuan dari komponen untuk digunakan ulang ketika ada spesifikasi yang sama dari aplikasi web *e-learning*. Aplikasi web *e-learning* menjadi efisien karena kode program tidak perlu ditulis secara berulang-ulang. *Maintainability* adalah kemudahan yang dimiliki oleh komponen untuk dilakukan perbaikan-perbaikan jika ditemukan *error*.
- Kedua faktor kualitas ini memudahkan pengembangan perangkat lunak *e-learning* FUOLC untuk mengantisipasi perubahan-perubahan kebutuhan guru dan siswa yang besar dan variatif.

Saran

Saran untuk penelitian yang lebih lanjut untuk pengembangan perangkat lunak *e-learning* yaitu perlu diteliti lebih lanjut faktor-faktor kualitas yang lain berdasarkan kinerja dan performa dari perangkat lunak. Penelitian ini sangat penting dilakukan karena apakah terjadi penurunan kinerja dan performa ketika diakses oleh banyak perangkat elektronik.

DAFTAR PUSTAKA

- Brown AW and Wallnau KC. 1998. *The Current State of CBSE*. IEEE Software. 15(5):37-46.
- Dongsong Zhang. 2005. *Interactive Multimedia-Based E-learning : A Study of Effectiveness*. The American Journal of Distance Education. 19(3), 149-162.
- Jaidan Jauhari and Mohammad Ibrahim.2010. *Intelligent Tutoring System Sebagai Upaya Inovatif dalam Pembelajaran Untuk Pembelajaran Berbantuan Komputer*. JURNAL GENERIC, 5 (2). pp. 1-6, ISSN 1907-4093
- Jorge G. Ruiz, MD, Michael J. Mintzer, MD, and Rosanne M. Leipzig, MD, PhD. 2006. The Impact of E-Learning in Medical Education. *Academic Medicine*, Vol. 81, No. 3
- Kappel, G., Proll, B., Reich, S., & Retschitzegger, W. 2006. *An Introduction to Web Engineering*. In G. Kappel, B. Proll, S. Reich, & W.Retschitzegger, *Web Engineering - The Discipline of Systematic Development of Web Applications* (pp. 1-21). Heidelberg, Germany:John Wiley & Sons, Ltd
- Martin Gaedke, Joern Rehse.2000. Supporting Compositional Reuse in Component-Based Web Engineering. *Proceeding SAC 00 Proceeding of the 2000 ACM symposium on Applied computing – Volume 2 Pages 927-933. USA*
- Mohammed Ally. 2014. *Increasing Access through Mobile Learning*. Commonwealth of Learning and Athabasca University Vancouver.
- Naidu, Som. 2006. *E-Learning A Guidebook of Principles, Procedures and Practices*. Commonwealth Educational Media Centre for Asia.
- Neil Crook. 2008. *What are Web 2.0 Technologies and Why do They Matter*. Engineering and Physical Council.
- P Nagarajan G and G Wiselin Jiji. 2010. *Online Education System (e-learning)*. *International Journal of u- and e-Service Science and Technology*, Vol 3, No 4.
- Prakriti Trivedi, Rajeev Kumar, 2012, *Software Metrics to Estimate Software Quality using Software Component Reusability*. *IJCSI International Journal of Computer Science Issues*, Vol. 9, Issue 2, No 2
- Richard E Ferdig, Punya Mishra and Yong Zhao. 2004. *Component Architectures and Web-based Learning Environments*. *JI of Interactive Learning Research*. 12(1),75-90.
- Stefania Leone, Alexandre de Spindler, Moira C. Norrie, Dennis McLeod, 2013. *Integrating Component-Based Web Engineering into Content Management Systems*. *Proceeding 3th International Conference*, Aalborg, Denmark
- Szyperski C. 1999. *Component Software – Beyond Object Oriented Programming*. Addison-Wesley. Boston USA.