

Implementasi Replikasi Data *Asynchronous* untuk Keamanan Data Sistem Informasi Akademik Online

Implemetation of Asynchronous Data Replication to the Data Security of Online Academic Information System

Endro Purnomo^{*1}, Ahmad Ashari²

¹Universitas Muhammadiyah Purworejo; Jl. KHA. Dahlan 6 Purworejo, 0275-321494

²Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA UGM, Yogyakarta

e-mail: ^{*1}endrosri@gmail.com, ²ashari@ugm.ac.id

Abstrak

Sebuah sistem informasi akademik (SIA) online mempunyai vulnerabilitas dalam hal akses data karena tersedia online sepanjang waktu. Disamping pengamanan di sisi aplikasi dan user interface, perlu dirancang pengamanan di sisi rancangan sistem database. Replikasi data *asynchronous* dapat dimanfaatkan untuk keamanan sebuah SIA online terhadap serangan perubahan data dan take down sistem dari internet. SIA dibagi menjadi 2 yaitu aplikasi SIA intranet dan aplikasi SIA online disesuaikan dengan kebutuhan akses pengguna. SIA online terhubung ke internet sedangkan SIA intranet tidak terhubung ke internet dan hanya dapat diakses oleh bagian administrasi. Masing-masing aplikasi SIA mempunyai database yang berada di satu komputer server. Komunikasi data antara kedua aplikasi ada di sisi database menggunakan replikasi data *asynchronous*. Replikasi data *asynchronous* tidak mengurangi kinerja SIA tersebut.

Kata kunci: sistem informasi, database, replikasi *asynchronous*, keamanan sistem

Abstract

An online academic information system (AIS) has a vulnerability in data access because it is available online all the time. Besides security at the application and user interface, it should be designed safeguards in the database system design. Asynchronous data replication can be used for online AIS security against data manipulation, and system takes down from the internet. AIS is divided into two applications namely intranet AIS, and online AIS applications adapted to the needs of user access. Online AIS is connected to the internet while the intranet AIS is not connected to the internet and can only be accessed by the administration. Each AIS application has a database that is in each computer server. Data communication between two applications is in the database using asynchronous data replication. Asynchronous data replication does not reduce the performance of the AIS.

Keywords: information system, database, asynchronous replication, system security

1. Pendahuluan

SIA berfungsi mengolah dan menyimpan seluruh data akademik suatu universitas serta memberikan informasi yang diperlukan bagi pengguna sistem tersebut. SIA menggunakan sistem database yang selalu menerima serta memberikan data yang diminta oleh aplikasi SIA selama SIA diakses oleh pengguna. SIA online menyebabkan komputer yang melakukan akses ke SIA dari internet tidak dapat dikenali atau dibatasi sehingga SIA online dengan database tunggal mempunyai kelemahan dalam hal keamanan data. Dalam sistem database tunggal, semua pengguna SIA menggunakan server database yang sama, sistem tersebut memungkinkan adanya vulnerabilitas akses ke database yang dapat

memungkinkan adanya ancaman akses data yang tidak semestinya yang berakibat perubahan data yang tidak semestinya. Sistem ini dalam hal keamanan data mengandalkan teknik pengamanan di sisi aplikasi dan interface pengguna. Kemungkinan serangan *flooding* juga sulit dihindari yang dapat menyebabkan kinerja server menjadi lambat hingga *down*. Serangan *flooding* dengan DOS (*Denial of Services*) tidak dapat dihindari karena menggunakan mekanisme *request* ke *port* yang harus terbuka seperti 80 untuk protokol http sehingga server akan menganggap *request* tersebut sebagai *request* normal.

Keamanan komputer menurut John D. Howard (seorang analisis insiden keamanan di internet 1989-1995) adalah mencegah penyerang mencapai tujuan yang tidak sah melalui akses atau penggunaan yang tidak sah dari komputer dan jaringan komputer. Keamanan sebuah sistem informasi terdiri dari perlindungan terhadap elemen-elemen berikut (Cote , dkk., 2011):

- 1 *Confidentiality* (kerahasiaan) adalah elemen yang menjamin kerahasiaan data atau informasi, memastikan bahwa informasi hanya dapat diakses oleh orang yang berwenang dan menjamin kerahasiaan data yang dikirim, diterima dan disimpan.
- 2 *Integrity* (integritas) adalah elemen yang menjamin bahwa data tidak dirubah tanpa ada ijin pihak yang berwenang (*authorized*), menjaga keakuratan dan keutuhan informasi serta metode prosesnya untuk menjamin aspek integrity ini.
- 3 *Availability* (ketersediaan) adalah elemen yang menjamin bahwa data akan tersedia saat dibutuhkan, memastikan user yang berhak dapat memperoleh informasi dan perangkat terkait.

Perlu diusahakan mekanisme pengamanan data di sistem database SIA yang dapat menjaga data terhadap adanya resiko serangan tersebut. Replikasi data *asynchronous* merupakan salah satu teknologi yang dapat dimanfaatkan untuk keperluan tersebut. Replikasi data *asynchronous* akan memisahkan sistem database SIA menjadi 2 yaitu sistem database SIA intranet (akademik dan program studi) serta database SIA online (dosen dan mahasiswa). SIA online terhubung ke internet dan dapat diakses dari internet. Saat terjadi serangan pada SIA online maka tidak akan mempengaruhi data utama dan aplikasi SIA intranet. Di samping itu, sifat *asynchronous* tidak akan mengurangi kinerja SIA tersebut. Selama ini replikasi data *asynchronous* sering dimanfaatkan untuk tujuan peningkatan kinerja sistem informasi, ketersediaan data, konsistensi data, dan integritas data.

Dasgupta dan Kalpakis (2001) mengimplementasikan replikasi data dalam layanan redirection di sistem informasi berbasis web. Sistem mengarahkan request klien ke server yang sesuai yaitu yang dapat memberikan layanan terbaik dengan cara yang cepat dan efisien. Hasilnya menunjukkan bahwa layanan redirection tereplikasi memberikan penurunan yang signifikan dalam hal waktu respon terhadap klien, dan juga berhasil mengurangi lalu lintas data di sistem jaringan.

Gao dkk (2005) melakukan implementasi sebuah arsitektur objek terdistribusi untuk membangun aplikasi dengan sistem replikasi data untuk aplikasi e-commerce yaitu TPC-W benchmark yang mensimulasikan sebuah toko buku online. Hasilnya menunjukkan bahwa dengan konsistensi kurang sempurna dalam sistem terdistribusi, aplikasi tersebut mencapai tingkat ketersediaan data yang tinggi dan kinerja yang sangat baik. Misalnya, dalam satu percobaan, peneliti menemukan bahwa sistem tersebut menyediakan lima kali waktu respon yang lebih baik dibanding sebuah arsitektur sistem data terpusat.

Laksono (2005) mengimplementasikan replikasi data asynchronous multi-master untuk mengendalikan replikasi dan konsistensi data pada sistem informasi terdistribusi tersebut. Hasilnya dengan menggunakan metode tersebut untuk mengoptimalkan replikasi data, masalah dalam replikasi dan konsistensi data yang terjadi di sistem informasi lembaga yang sedang diamati dapat diselesaikan.

Goel dan Buyya (2006) melakukan penelitian dengan mengimplementasikan strategi replikasi data yang berbeda disesuaikan dengan kebutuhan aplikasinya. Peneliti menyajikan strategi-strategi replikasi yang berbeda dalam database terdistribusi dan sistem manajemen konten. Hasilnya bahwa sebuah strategi replikasi yang cocok untuk sebuah aplikasi atau arsitektur tertentu tidak selalu cocok untuk aplikasi atau arsitektur lainnya. Perbedaan yang paling penting dalam replikasi adalah karena kebutuhan konsistensi data. Jika suatu aplikasi memerlukan konsistensi data yang ketat dan memiliki banyak transaksi update, replikasi dapat mengurangi kinerja karena kebutuhan sinkronisasi data. Namun, jika aplikasi membutuhkan lebih banyak query read-only, replikasi dapat meningkatkan kinerja aplikasi dan proses sinkronisasi tidak perlu dikawatirkan.

Triyono (2007) melakukan pengembangan basis data terdistribusi dengan metode partial replica yang dapat digunakan sebagai terobosan baru untuk membantu proses pendistribusian dan penghitungan suara. Pendistribusian basis data menggunakan teknik replikasi dan fragmentasi horizontal, sinkronisasi menggunakan teknik multi-master. Sistem dibagi menjadi dalam dua kelompok utama, yaitu Master yang diletakkan di DPW pada server public dan slave yang diletakkan di DPC dengan keterbatasan koneksi internet. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa distribusi basis data menggunakan metode partial replica akan meningkatkan kinerja dan ketersediaan data pada slave, yang berdampak pada kebutuhan hardware yang harus disediakan. Dengan metode ini suatu sistem informasi tidak harus selalu online, cukup menggunakan semi-online saja. Kelemahan sistem ini, dalam proses distribusi sebaiknya data utama dalam basis data harus sudah lengkap terlebih dahulu, agar proses berikutnya menjadi lebih mudah.

Macedo dkk (2008) mengimplementasikan model replikasi data asynchronous pada database medis terdistribusi. Menurut peneliti, sistem telemedicine saat ini telah meningkatkan volume informasi yang disimpan dalam basisdata, sehingga sistem database telemedicine terpusat kurang mempunyai kinerja yang baik. Dalam penelitian tersebut, peneliti mengembangkan sebuah aplikasi untuk mengelola semua operasi integrasi dan replikasi informasi dalam database medis. Hasilnya menunjukkan bahwa model dan implementasinya telah berhasil mencapai tingkat kinerja dan interoperabilitas yang baik. Menurut peneliti, tantangan lebih lanjut dari penelitian ini adalah masalah konsistensi data, integritas data, dan keamanan data.

Aldila dkk (2011) melakukan implementasi replikasi multimaster DBMS Oracle yang memungkinkan beberapa situs bertindak sebagai master-master yang sama untuk mengelola kelompok-kelompok objek database yang direplikasi. Setiap site dalam lingkungan replikasi multimaster adalah master site, dan masing-masing master site berkomunikasi dengan master site lainnya. Hasilnya implementasi database terdistribusi pada suatu sistem aplikasi dapat menghasilkan kinerja yang baik menyangkut ketersediaan data. Dengan adanya replikasi database yang dapat menghasilkan kesamaan posisi data pada beberapa master site, maka memungkinkan adanya pembagian beban dalam pengaksesan kerja server, sehingga kegagalan pengaksesan data dapat

diminimalisasikan. Dari serangkaian pengujian distribusi oracle diperoleh hasil perbedaan waktu eksekusi query yang tidak terlalu signifikan terhadap beberapa jumlah data. Disamping itu, output proses parsing query yang dijalankan oleh salah satu master site akan langsung dikirimkan kepada master site yang lain dalam waktu yang hampir bersamaan.

2. Metode Penelitian

Pengamatan dan pengumpulan data.

Pengamatan dilakukan dengan mempelajari kegiatan akademik yang ada di universitas yaitu mempelajari semua bagian yang terkait dengan kegiatan akademik serta alur proses akademik semester saat mahasiswa registrasi KRS semester sampai saat keluarnya KHS mahasiswa. Pengumpulan data dilakukan dengan mengumpulkan data-data yang diperlukan dalam pembuatan SIA yaitu format data mahasiswa, format data dosen, format data matakuliah, format penjadwalan matakuliah, format KRS, format KHS, format kalender akademik, format penilaian mahasiswa.

Analisis dan perancangan sistem.

Analisis sistem bertujuan untuk membuat spesifikasi dari SIA yang akan diimplementasikan. Pembuatan daftar kelompok pengguna beserta akses data yang sesuai, daftar fitur SIA, daftar tabel data, daftar tabel replikasi data. Tahap perancangan sistem meliputi perancangan basis data, perancangan replikasi data, perancangan arsitektur SIA, perancangan antar muka pemakai SIA, serta perancangan topologi jaringan komputer server.

Implementasi sistem.

Tahap implementasi sistem berdasarkan perancangan sistem yang telah dilakukan sebelumnya meliputi pembuatan basis data, pembuatan aplikasi SIA, pembuatan jaringan komputer server, implementasi replikasi data antara server intranet dan server online, serta instalasi SIA ke server intranet dan server online.

Pengujian sistem.

Pengujian sistem bertujuan untuk menguji implementasi SIA sesuai dengan rumusan masalah di penelitian ini. Pengujian sistem meliputi pengujian replikasi data *asynchronous* sesuai tahap perancangan sistem, pengujian fungsi aplikasi SIA sesuai tahap perancangan sistem, pengujian keamanan data SIA terhadap serangan perubahan data (*data manipulation*) SIA online yang tidak semestinya, pengujian sistem terhadap serangan *flooding* pada SIA online yang dapat menyebabkan sistem *down*, serta pengujian pengaruh replikasi data *asynchronous* terhadap kinerja SIA.

3. Hasil dan Pembahasan

Aplikasi SIA melibatkan database siaump yang terdiri dari 22 tabel yaitu dosen, dosenpwd, hari, jadwal, jadwalpersennilai, khs, khsmahasiswa, konversinilai, krs, krskhs, mahasiswa, mahasiswapwd, maksimalsks, menusia, mk, mkprasyarat, pegawai, prodi, program, ruang, statusmahasiswa, thakademik.

Data password dosen disimpan di tabel yang berbeda (tabel dosenpwd) dengan data dosen lainnya (tabel dosen). Data jadwal matakuliah dipecah ke dalam dua tabel yaitu

tabel jadwal dan tabel jadwalpersennilai. Data KHS dipecah ke dalam dua tabel yaitu tabel khs dan tabel khsmahasiswa. Data KRS dan nilai disimpan di dua tabel yang berbeda yaitu tabel krs dan tabel krskhs. Data password mahasiswa disimpan di tabel yang berbeda (tabel mahasiswapwd) dengan data mahasiswa lainnya (tabel mahasiswa). Sedangkan data lainnya disimpan di tabel tunggal yang bersesuaian.

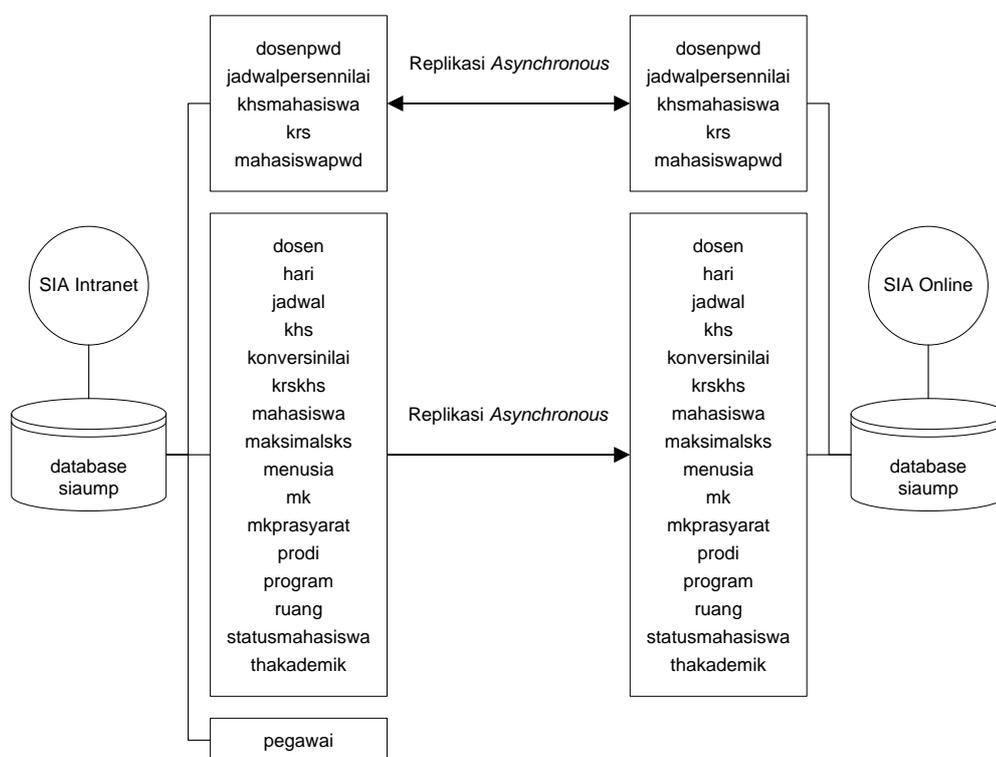
Pemecahan data-data ke dalam tabel yang berbeda tersebut bertujuan untuk membagi data mana saja yang dapat dilihat dan diubah (*add, edit, delete*) oleh aplikasi SIA intranet, dimana aplikasi SIA online hanya boleh melihat data-data tersebut dan data mana saja yang dapat dilihat dan diubah (*add, edit, delete*) oleh aplikasi SIA intranet maupun aplikasi SIA online. Pemecahan data tersebut melokalisir data-data yang merupakan hak akses penuh (*view, add, edit, delete*) bagi BAAK dan program studi. Pemecahan tersebut diperlukan untuk keperluan arah replikasi database *asynchronous*. Data-data yang dianggap penting dan yang merupakan hak akses (*view, add, edit, delete*) bagi BAAK dan program studi berada di database SIA intranet akan direplikasikan satu arah ke database SIA online. Sehingga apabila terjadi perubahan data yang tidak semestinya di database SIA online maka tidak akan direplikasi ke database utama yaitu database SIA intranet karena replikasi satu arah dari database SIA intranet ke database SIA online. Setiap perubahan data di database SIA intranet akan direplikasi ke database SIA online.

Tabel krs menyimpan data-data matakuliah yang diambil dalam KRS mahasiswa beserta nilai matakuliah tersebut setelah diberikan oleh dosen pengajar. Oleh karena itu, tabel krs harus direplikasikan 2 arah antara database SIA intranet dan SIA online sehingga data KRS yang diinput oleh mahasiswa dapat diakses dan diproses oleh SIA program studi, demikian juga nilai yang diinputkan oleh dosen pengajar dapat diakses dan diproses oleh SIA program studi. Tabel krskhs menyimpan data KRS beserta nilai matakuliah dalam KRS tersebut yang telah diproses oleh TU program studi. Setelah status nilai jadwal matakuliah telah penyerahan nilai dosen yang artinya dosen telah selesai menginputkan nilai semua mahasiswa pada jadwal matakuliah tersebut, maka program studi langsung memproses nilai pada jadwal matakuliah tersebut. Proses yang terjadi di sini adalah proses copy seluruh data KRS pada jadwal matakuliah yang telah status selesai penilaian dari tabel krs ke tabel krskhs. Tabel krskhs direplikasikan satu arah hanya dari database SIA intranet ke database SIA online. Data KRS dan nilai yang ada di tabel krskhs tersebut yang digunakan sebagai data KHS dan transkrip nilai pada SIA online. Saat terjadi serangan perubahan data (*data manipulation*) terhadap data KHS atau transkrip nilai tersebut maka hanya akan merubah data pada tabel krskhs database SIA online dan tidak akan mempengaruhi data pada tabel krskhs database utama SIA (database SIA intranet).

Data-data yang merupakan hak akses (*view, add, edit, delete*) bagi dosen dan mahasiswa harus direplikasikan dua arah antara database SIA intranet dan database SIA online agar setiap ada perubahan data yang merupakan hak akses bagi dosen atau mahasiswa dapat diproses oleh BAAK dan program studi. Dalam perancangan konseptual database diperlukan normalisasi terhadap tabel yang ada di dalam database siaump. Pembuatan tabel bentuk normal ketiga adalah dengan mencari kunci-kunci dari atribut yang dapat dipakai sebagai patokan dalam pencarian dan bersifat unik. Bentuk normal ketiga memenuhi bentuk normal tertinggi karena sudah tidak ada ketergantungan transitif (atribut bukan kunci tergantung pada pada atribut bukan kunci yang lainnya).

Tabel dosenpwd, jadwalpersennilai, khsmahasiswa, krs, mahasiswapwd direplikasikan dua arah antara server database SIA intranet dan server database SIA online. Tabel dosen, hari, jadwal, khs, konversinilai, krskhs, mahasiswa, maksimalsks, menusia, mk, mkprasyarat, prodi, program, ruang, statusmahasiswa, thakademik direplikasikan satu arah dari server database SIA intranet ke server database SIA online. Tabel pegawai hanya berada di server database SIA intranet.

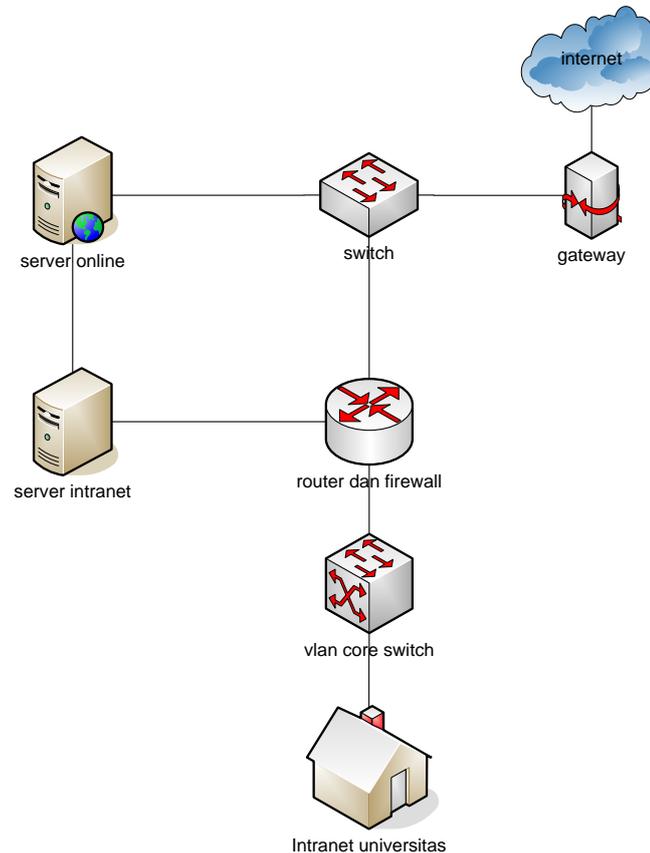
Replikasi data *asynchronous* antara kedua server database menggunakan arsitektur *simple replication*. Database SIA intranet berlaku sebagai database *master* dan database SIA online sebagai database *slave* untuk arah replikasi dari database SIA intranet ke database SIA online. Database SIA online berlaku sebagai *database master* dan database SIA intranet sebagai *slave* untuk arah replikasi dari database SIA online ke database SIA intranet. Replikasi bersifat parsial karena hanya perubahan data pada beberapa tabel dalam database yang dilakukan proses replikasi, sedangkan data pada beberapa tabel lainnya tidak direplikasikan.



Gambar 1 Rancangan replikasi data *asynchronous* database siaump

Proses replikasi data *asynchronous* MySQL dari database *master* ke database *slave* dilakukan setelah proses *query* pada database *master* selesai dieksekusi dan ada koneksi replikasi antara database *master* dan database *slave*. Apabila suatu saat koneksi replikasi antara database *master* dan database *slave* terputus maka proses *query* pada database *master* tetap akan dieksekusi dan tidak terpengaruh oleh putusnya koneksi replikasi data antara kedua server database tersebut, proses replikasi data akan dilakukan setelah ada koneksi replikasi data kembali antara server database *master* dan database *slave*. Gambar 1 menunjukkan rancangan replikasi data *asynchronous* database siaump.

SIA menggunakan 2 komputer server untuk menjalankan aplikasi dan database SIA intranet serta aplikasi dan database SIA online. Komputer server SIA online dapat diakses dari internet. Komputer server SIA intranet hanya dapat diakses dari komputer BAAK bagian akademik dan semua TU program studi melalui jaringan intranet. Gambar 2 menunjukkan rancangan topologi jaringan komputer server SIA.



Gambar 2. Rancangan topologi jaringan komputer server

Pengujian replikasi data *asynchronous* bertujuan untuk menguji apakah proses replikasi data telah berjalan dengan benar sesuai arah replikasi masing-masing tabel sesuai dengan perancangan sistem. Tabel dosenpwd, jadwalpersennilai, khsmahasiswa, krs, mahasiswapwd direplikasikan 2 arah antara database SIA intranet dan SIA online. Berikut pengujian perubahan data pada tabel-tabel tersebut di database SIA intranet dan hasil replikasi perubahan data tersebut ke tabel-tabel di database SIA online, serta pengujian perubahan data pada tabel-tabel tersebut di database SIA online dan hasil replikasi perubahan data tersebut ke tabel-tabel di database SIA intranet.

Hasil pengujian perubahan data pada tabel-tabel yang direplikasikan 2 arah antara database SIA intranet dan database SIA online tersebut di atas menunjukkan bahwa proses replikasi 2 arah pada tabel-tabel tersebut antara database SIA intranet dengan database SIA online telah berjalan dengan benar.

Tabel dosen, hari, jadwal, khs, konversinilai, krskhs, mahasiswa, maksimalsks, menusia, mk, mkprasyarat, prodi, program, ruang, statusmahasiswa, thakademik direplikasikan satu arah dari database SIA intranet ke database SIA online. Pengujian

replikasi data pada tabel-tabel tersebut dilakukan dengan melakukan perubahan data tabel-tabel tersebut di database SIA intranet, dan hasilnya perubahan data tersebut direplikasikan ke tabel-tabel yang bersesuaian di database SIA online. Pengujian berikutnya dilakukan perubahan data tabel-tabel tersebut pada database SIA online dan hasilnya perubahan tersebut tidak direplikasikan ke tabel-tabel yang bersesuaian di database SIA intranet, tabel-tabel di database SIA intranet tersebut tidak mengalami perubahan sama sekali, sehingga perubahan data pada tabel-tabel tersebut di database SIA online tidak akan berpengaruh terhadap data pada tabel-tabel yang bersesuaian di database SIA intranet.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa proses replikasi satu arah pada tabel-tabel tersebut dari database SIA intranet ke database SIA online telah berjalan dengan benar. Sedangkan tabel pegawai yang menyimpan data akun pegawai untuk login ke SIA hanya berada di database SIA intranet saja dan tidak pernah direplikasikan ke database SIA online.

Proses replikasi data antara database SIA intranet dan database SIA online terjadi sangat cepat sehingga meskipun menerapkan replikasi data *asynchrhonous* namun mempunyai kecepatan replikasi data dengan selisih waktu (*delay*) yang tidak signifikan. Hal ini karena implementasi replikasi data *asynchronous* ini terjadi pada jaringan lokal yaitu server SIA intranet yang dihubungkan langsung dengan server SIA online melalui kabel UTP, hanya server SIA online yang terhubung online ke internet sedangkan server SIA intranet tidak terhubung online ke internet. Hal ini juga bertujuan untuk keamanan database SIA intranet sehingga database SIA intranet tidak dapat diakses online dari internet. Apabila server SIA intranet berhenti atau mati, maka SIA online tetap dapat berjalan dengan normal (dapat diakses oleh dosen dan mahasiswa). Apabila server SIA online berhenti atau mati, maka SIA intranet juga tetap dapat berjalan dengan normal (dapat diakses oleh BAAK dan TU program studi). Proses replikasi data (konsistensi data) akan dilakukan kembali antara kedua server database pada saat kedua server tersebut hidup atau berjalan lagi. Sehingga masing-masing server tersebut tidak saling tergantung dan dapat berjalan sendiri sesuai dengan fungsinya masing-masing.

Pengujian aplikasi SIA dilakukan dengan menggunakan data akademik di Universitas Muhammadiyah Purworejo (UMP). Data mahasiswa berasal dari migrasi data mahasiswa yang ada di sistem informasi pembayaran mahasiswa yang telah ada di Biro Keuangan UMP, data dosen berasal dari data yang ada di Biro Kepegawaian UMP, data pegawai diinputkan ke SIA intranet oleh staf PPTIK, serta data akademik berasal dari BAAK dan TU masing-masing program studi. Dilakukan integrasi antara sistem informasi pembayaran yang telah ada di Biro Keuangan UMP dengan SIA sehingga hanya mahasiswa yang telah melakukan registrasi ulang yang dinyatakan aktif dan dapat melakukan pengisian KRS pada semester tersebut serta untuk input data mahasiswa baru. Pengujian implementasi SIA dilakukan untuk data mulai tahun akademik 2011/2012-1 (tahun 2011/2012 semester 1). Implementasi SIA dilakukan secara bertahap dimulai dengan SIA intranet dengan tujuan untuk memulai proses pengumpulan data dan dijalankan oleh pegawai BAAK dan TU masing-masing program studi.

Pengujian SIA dilakukan oleh pegawai BAAK dan TU masing-masing program studi untuk SIA intranet, serta dosen dan mahasiswa untuk SIA online setelah SIA diimplementasikan ke server intranet (SIA intranet) dan server online (SIA online). Hasil pengujian implementasi SIA tersebut menunjukkan bahwa aplikasi SIA telah dapat

berfungsi dan berjalan dengan benar sesuai dengan tahap perancangan sebelumnya ditunjukkan dengan data-data hasil penggunaan SIA yang telah tersimpan dengan benar di database siaump SIA intranet dan SIA online sesuai dengan fungsi tabel penyimpanannya masing-masing.

Pengujian keamanan data SIA terhadap serangan perubahan data dilakukan dari internet dengan *reverse shell trojan* yaitu dengan memasukkan sebuah *trojan* ke server SIA online dengan memanfaatkan vulnerabilitas di komputer server tersebut. *Trojan* tersebut akan menghubungi serta memberikan akses *shell* kepada komputer server online milik *hacker*. Dengan menggunakan *shell* tersebut hacker dapat melakukan perubahan data (*data manipulation*) pada database SIA online. Komputer *hacker* menggunakan sistem operasi linux. *Reverse shell trojan* dalam pengujian ini dibuat menggunakan bahasa pemrograman PHP dengan memanfaatkan *tool* Netcat. Netcat digunakan sebagai koneksi *trojan (reverse shell)* ke komputer *hacker*.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa perubahan data beberapa tabel dapat terjadi pada database SIA intranet karena setiap perubahan data pada tabel tersebut di database SIA online direplikasikan ke database SIA intranet. Namun sesuai tahap perancangan database bahwa tabel-tabel tersebut berisi data-data awal kegiatan akademik, sedangkan setelah diproses data-data akademik akan disimpan ke tabel-tabel yang hanya direplikasikan satu arah dari database SIA intranet ke database SIA online, sehingga perubahan data tersebut tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kegiatan akademik, karena hanya dapat berpengaruh pada data-data awal akademik. Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa perubahan data untuk beberapa tabel hanya terjadi di database SIA online karena tabel-tabel tersebut direplikasikan satu arah hanya dari database SIA intranet ke database SIA online dan tidak berlaku sebaliknya. Database SIA intranet berada di dalam server intranet universitas dan tidak terhubung online ke internet sehingga tidak memiliki vulnerabilitas terhadap serangan dari internet. Perintah konfigurasi replikasi data berada di sisi slave (mesin penyalin) sehingga walaupun *hacker* dapat merubah file konfigurasi replikasi di server online maka tetap tidak akan dapat melakukan replikasi ke arah server SIA intranet karena konfigurasi replikasi ke arah SIA intranet berada di server SIA intranet. Namun untuk tabel-tabel yang krusial digunakan oleh proses di SIA online, serangan perubahan dan penghapusan data pada tabel tersebut dapat berakibat fatal dan mempengaruhi hasil aplikasi SIA karena data-data tersebut digunakan sebagai acuan dalam proses akademik di SIA online. Sehingga serangan ke tabel-tabel tersebut perlu mendapat perhatian saat ada perubahan atau penghapusan data yang menyebabkan perbedaan data maka harus segera dilakukan replikasi ulang data tersebut dari SIA intranet ke SIA online.

Pengujian keamanan SIA terhadap serangan *Denial of Service (DoS)* dilakukan dari internet menggunakan komputer *hacker* dengan sistem operasi Linux menggunakan software *Tor's hammer* dan terlebih dahulu dilakukan proses *scanning port* untuk mengetahui port-port yang terbuka (memberikan *service*) dengan software *Nmap (Network Mapper)*. Dalam pengujian ini serangan ke server SIA online dilakukan ke port 80 untuk melumpuhkan layanan web server dan port 3306 untuk melumpuhkan server database MySQL.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa serangan DoS (*Denial of Service*) terhadap server SIA online hanya akan melumpuhkan *service* dari server SIA online sedangkan server SIA intranet tetap dapat dipergunakan dan diakses dengan baik, hal ini

dikarenakan database dan aplikasi SIA online berada pada komputer server yang berbeda dengan database dan aplikasi SIA intranet serta replikasi data yang dipergunakan bersifat asynchronous. Server SIA intranet berada di intranet universitas dan tidak terhubung online ke internet sehingga tidak mempunyai vulnerabilitas terhadap serangan DoS tersebut.

Pengujian pengaruh replikasi data *asynchronous* terhadap kinerja SIA bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh implementasi replikasi data asynchronous terhadap kinerja dalam hal kecepatan akses SIA intranet dan SIA online. Dalam pengujian ini menggunakan perintah PHP yang mencatat saat waktu awal dan saat waktu akhir halaman aplikasi SIA intranet dan SIA online dijalankan, kemudian dihitung selisih waktu tersebut yang merupakan waktu yang dibutuhkan untuk menjalankan (eksekusi) halaman aplikasi SIA beserta datanya. Pengujian ini menggunakan halaman aplikasi SIA yang melakukan proses yang berkaitan dengan replikasi data sehingga dapat diketahui seberapa pengaruh proses replikasi data tersebut terhadap kinerja aplikasi SIA. Dalam pengujian ini dipilih menu pengisian KRS untuk pengujian SIA intranet dan SIA online. Menu pengisian KRS berada di SIA program studi (SIA intranet) dan SIA mahasiswa (SIA online). Tabel 1 merupakan perbandingan waktu proses pengisian KRS mahasiswa pada aplikasi SIA intranet antara pada saat replikasi data dijalankan dan pada saat replikasi data dihentikan. Tabel 2 merupakan perbandingan waktu proses pengisian KRS mahasiswa pada aplikasi SIA online antara pada saat replikasi data dijalankan dan pada saat replikasi data dihentikan.

Tabel 1. Perbandingan waktu proses pengisian KRS pada SIA intranet

Uji Ke	Replikasi Dijalankan	Replikasi Dihentikan
1	0.0990290641785 detik	0.0932941436768 detik
2	0.0896608829498 detik	0.0886209011078 detik
3	0.0902059078217 detik	0.0902910232544 detik
4	0.0816659927368 detik	0.0973510742188 detik
5	0.0927081108093 detik	0.0946400165558 detik
6	0.0806891918182 detik	0.0849108695984 detik

Tabel 2. Perbandingan waktu proses pengisian KRS pada SIA online

Uji Ke	Replikasi Dijalankan	Replikasi Dihentikan
1	0.0554859638214 detik	0.0552980899811 detik
2	0.0571529865265 detik	0.0580699443817 detik
3	0.0594909191132 detik	0.0582129955292 detik
4	0.0618340969086 detik	0.0615870952606 detik
5	0.0613732337952 detik	0.0635199546814 detik
6	0.0632970333099 detik	0.0656681060791 detik

Hasil pengujian menunjukkan bahwa implementasi replikasi data asynchronous antara database SIA intranet dan database SIA online tidak berpengaruh terhadap waktu eksekusi halaman atau kinerja aplikasi SIA intranet dan SIA online secara signifikan. Hal ini dikarenakan sifat asynchronous tersebut. Beban tambahan kinerja server SIA intranet dan SIA online terletak saat replikasi data asynchronous berlangsung yang secara terpisah diproses dari eksekusi aplikasi SIA intranet dan SIA online tersebut.

4. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dalam penelitian implementasi replikasi data *asynchronous* untuk keamanan data sistem informasi akademik online adalah:

1. SIA dengan sistem database terdistribusi menggunakan replikasi data *asynchronous* dengan arah replikasi data yang disesuaikan dengan aplikasi SIA dapat meningkatkan keamanan data SIA terhadap serangan perubahan data (*data manipulation*) dari internet.
2. SIA dengan implementasi replikasi data *asynchronous* dapat meningkatkan keamanan SIA terhadap serangan DoS (*Denial of Service*) dari internet yang menyebabkan server database atau aplikasi SIA online menjadi *down*. SIA intranet tetap berjalan dan berfungsi dengan baik dan tidak terpengaruh terhadap kondisi *down* dari server database maupun aplikasi SIA online.
3. Implementasi replikasi data *asynchronous* yang disesuaikan dengan aplikasi sistem informasi menjadi alternatif keamanan sebuah sistem informasi disamping menerapkan keamanan di sisi aplikasi dan *interface* pengguna.
4. Implementasi replikasi data *asynchronous* mengakibatkan SIA intranet dan SIA online dapat berjalan secara independen, tidak saling tergantung dalam proses data. Apabila salah satu server SIA mengalami kegagalan atau koneksi replikasi data terputus maka server SIA lainnya tetap berjalan dengan normal. Sehingga implementasi replikasi data *asynchronous* tersebut tidak mengurangi kinerja SIA.
5. Kelemahan implementasi replikasi data *asynchronous* ini yaitu SIA harus diimplementasikan pada *dedicated* server karena memerlukan akses penuh terhadap konfigurasi server database serta kebutuhan koneksi antar kedua server untuk replikasi data. Kelemahan lain yaitu data dalam database SIA intranet tidak selalu sama sepanjang waktu dengan data dalam database SIA online (konsistensi data kurang) dikarenakan sifat replikasi *asynchronous* dan arah replikasi data yang disesuaikan dengan tujuan keamanan data.
6. Implementasi replikasi data *asynchronous* dalam penelitian ini dapat diterapkan ke sistem informasi online lainnya dengan rancangan replikasi yang disesuaikan dengan aplikasi sistem informasi tersebut.

Saran

Saran untuk pengembangan sistem atau penelitian kedepan yang terkait dengan penelitian ini adalah:

1. Diharapkan dalam penelitian kedepan penelitian ini dapat diterapkan untuk sistem informasi yang lebih kompleks sehingga dapat diketahui pengaruh terhadap kinerja dan keamanan data dengan lebih baik.
2. Diharapkan penelitian kedepan dapat membandingkan antara penelitian ini yang mengimplementasikan replikasi data *asynchronous* dengan penelitian sejenis yang mengimplementasikan replikasi data *synchronous*. Sehingga dapat diketahui dengan pasti kelebihan dan kelemahan masing-masing termasuk dalam hal konsistensi data.
3. Diharapkan penelitian kedepan dapat mengimplementasikan sebuah sistem replikasi data di sisi aplikasi sehingga dapat diterapkan di server *hosting*, serta dapat

diketahui kelebihan dan kekurangannya dibandingkan implementasi sistem dalam penelitian ini.

4. Diharapkan penelitian kedepan dapat menerapkan teknik *parity check* dalam membandingkan kedua database untuk meningkatkan konsistensi data.
5. Diharapkan dalam penelitian kedepan dapat diintegrasikan dengan server *backup* dan *mirroring* otomatis sehingga dapat meningkatkan ketersediaan data sistem informasi.

Daftar Pustaka

- Aldila, T., Yuwono, W., Asmara, R., 2011, *Basis Data Terdistribusi untuk Aplikasi Kependudukan Berbasis Web*, Makalah Penelitian, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Cote, S., Petrunic, R., Branka, P., Khalil, N., Schumak, M., Chavez, C., Silva, A., 2011, *Ethical Hacking and Countermeasures v7.1*, International Council of E-Commerce Consultants, USA.
- Dasgupta, K., Kalpakis, K., 2001, *Maintaining Replicated Redirection Services in Web-based Information Systems*, Proceedings of the Second IEEE Workshop on Internet Applications (WIAPP '01)
- Gao, L., Dahlin, M., Nayate, A., Zheng, J., Iyengar, A., 2005, *Improving Availability and Performance with Application Specific Data Replication*, IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering Vol.17 No.1.
- Goel, S., Buyya, R., 2006, *Data Replication Strategies In Wide Area Distributed Systems*, Grid Computing and Distributed Systems Laboratory, University of Melbourne, Australia.
- Laksono, S., 2005, *Optimasi Replikasi Data Sistem Informasi Terdistribusi (Studi Kasus di Lembaga Pendidikan Primagama)*, Thesis, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Macedo, D., Perantunes, H., Andrade, R., Wangenheim, A., Dantas, M., 2008, *Asynchronous Data Replication: A National Integration Strategy for Databases on Telemedicine Network*, 21st IEEE International Symposium on Computer-Based Medical Systems.
- Triyono, J., 2007, *Implementasi Sistem Database Terdistribusi Dengan Metode Partial Replica (Studi Kasus: Pelaporan Hasil Penghitungan Suara di DPW PKS DIY)*, Thesis, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.