**Tugas Kelompok 4**

Muhamad Haris : 1810131210009

Ad :

# **Article**

FORGE: An eLearning Framework for Remote Laboratory Experimentation on FIRE Testbed Infrastructure

# **Abstrak**

Prakarsa Forging Online Education through FIRE (FORGE) menyediakan pendidik dan pelajar di pendidikan tinggi dengan akses ke KEBAKARAN kelas dunia infrastruktur testbed. FORGE mendukung penelitian yang didorong secara eksperimental dalam Lingkungan eLearning dengan melengkapi ruang kelas tradisional dan online kursus dengan eksperimen laboratorium jarak jauh interaktif. Proyek memiliki mencapai tujuannya dengan mendefinisikan dan mengimplementasikan kerangka kerja yang disebut FORGEKotak. Kerangka kerja ini menawarkan metodologi, lingkungan, alat dan sumber daya untuk mendukung pembuatan pendidikan online berbasis HTML material yang mampu mengakses infrastruktur testbed FIRE virtual dan fisik dengan mudah. FORGEBox juga menangkap nilai kuantitatif dan kualitatif mempelajari informasi analitik menggunakan kuesioner dan Learning Analytics yang dapat membantu mengoptimalkan dan mendukung pembelajaran siswa. Sampai saat ini, FORGE telah menghasilkan kursus yang mencakup berbagai jaringan dan komunikasi domain. Ini tersedia secara bebas dari FORGEBox.eu dan telah menghasilkan di lebih dari 24.000 eksperimen yang dilakukan oleh lebih dari 1.800 siswa di seluruh 10 negara di dunia. Karya ini telah menunjukkan bahwa penggunaan fasilitas testbed kinerja tinggi jarak jauh untuk eksperimen jarak jauh langsung dapat memiliki dampak yang berharga pada pengalaman belajar bagi pendidik dan peserta didik. Selain itu, tantangan tertentu dalam mengembangkan courseware berbasis FIRE telah: telah diidentifikasi, yang telah menghasilkan serangkaian rekomendasi untuk mendukung penggunaan fasilitas FIRE untuk tujuan belajar mengajar.

# **Introduction**

Proyek Tempa Pendidikan Online melalui FIRE (FORGE)1 FP7 adalah berfokus pada penggunaan yang praktis dan efektif dari Riset Internet Masa Depan dan Fasilitas Eksperimen (FIRE)2 dengan memanfaatkannya sebagai sumber eLearning untuk institusi pendidikan tinggi. FORGE menawarkan guru teknik dan akses siswa ke infrastruktur testbed FIRE kelas dunia, sambil melindungi mereka dari kompleksitas fisik dan terkadang politik dalam mengakses dan menggunakan peralatan eksperimen. Ini memiliki manfaat memaksimalkan penggunaan peralatan mahal untuk dimiliki, dioperasikan, dan dipelihara sekaligus meningkatkan kesadaran fasilitas KEBAKARAN di antara guru, siswa dan masa depan peneliti. FORGE mencapai tujuannya dari penelitian yang didorong oleh eksperimen dengan melengkapi kelas tradisional dan kursus online dengan remote interaktif percobaan laboratorium. Pendekatan kami mempromosikan pengembangan pemikiran kritis dan keterampilan pemecahan masalah pada siswa dengan mengubahnya menjadi peneliti ilmiah aktif, dilengkapi dengan fasilitas eksperimen kelas dunia (Marquez-Barja et al., 2014, Mikroyannidis et al., 2015, Jourjon et al., 2016).

FORGE bertindak sebagai perekat yang mengikat komunitas eLearning dan FIRE bersama-sama (lihat Gambar 17.1). Ini dicapai dengan menggunakan kerangka FORGEBox, yang menawarkan lingkungan, komponen perangkat lunak, dan sumber daya untuk mendukung pembuatan materi edukasi online berbasis HTML yang mampu mengakses infrastruktur testbed FIRE virtual dan fisik. FORGEBox didukung oleh metodologi FORGE, yang membantu perancang kursus dengan menetapkan persyaratan kursus, mengidentifikasi dan mengintegrasikan dengan fasilitas FIRE yang sesuai, menulis materi pendidikan dan penyebaran kursus ke dalam interaktif eBook, Sistem Manajemen Pembelajaran (LMS) dan Lingkungan Pembelajaran Virtual (VLE). Untuk mendukung interoperabilitas dengan LMS dan VLE yang ada, FORGEBox menggunakan teknologi eLearning seperti standar Learning Tools Interoperability (LTI) dan SCORM. Selain itu, FORGEBox menangkap informasi analitik pembelajaran kuantitatif dan kualitatif yang berharga berdasarkan spesifikasi Experience API (xAPI). Informasi ini dapat membantu mengoptimalkan dan mendukung pembelajaran siswa dan membantu evaluasi kursus dan masa depan adaptasi.

FORGE telah menghasilkan kursus eksperimen yang mencakup berbagai macam domain jaringan dan komunikasi, yang telah dilakukan oleh lebih dari seribu siswa di sepuluh negara. Penelitian kami telah menunjukkan bahwa penggunaan fasilitas testbed kinerja tinggi jarak jauh untuk remote langsung eksperimen memiliki dampak yang berharga pada pengalaman belajar untuk baik pendidik maupun peserta didik. Dengan keberhasilan kursus prototipe awal, FORGE juga membuat beberapa kursus teknik elektro tingkat lanjut yang meliputi: topik seperti LTE dan OFDM. Kursus panggilan terbuka FORGE yang sedang berlangsung seperti sebagai Internet Measurements MOOC3, kemitraan dengan Cisco4 dan Proyek Go-Lab5 juga membuktikan kemajuannya yang berkelanjutan. Terlepas dari keberhasilan ini namun, ada beberapa aspek yang dapat ditingkatkan terkait keamanan, otentikasi, skalabilitas dan keberlanjutan di luar durasi proyek.

# **Pernyataan masalah**

Pendidikan tinggi saat ini sedang mengalami perubahan besar, sebagian besar didorong oleh ketersediaan materi online berkualitas tinggi, juga dikenal sebagai Pendidikan Terbuka Sumber Daya (OER). OER dapat digambarkan sebagai “pengajaran, pembelajaran, dan penelitian”. sumber daya yang berada di domain publik atau telah dirilis di bawah lisensi kekayaan intelektual yang mengizinkan penggunaan atau penggunaan ulang secara bebas oleh orang lain tergantung pada lisensi Creative Commons mana yang digunakan” (Atkins et al., 2007).

Munculnya OER sangat memudahkan pendidikan online (eLearning) melalui penggunaan dan berbagi sumber belajar yang terbuka dan dapat digunakan kembali di Web. Pelajar dan pendidik sekarang dapat mengakses, mengunduh, mencampur ulang, dan menerbitkan ulang berbagai macam bahan pembelajaran berkualitas tersedia melalui layanan terbuka disediakan di awan. Inisiatif OER baru-baru ini mencapai puncaknya dalam MOOCs (Massive Open) Kursus Online) disampaikan melalui penyedia seperti Udacity6, Coursera7 dan edX8. MOOCs dengan sangat cepat menarik banyak pelajar; untuk contoh lebih dari 400.000 siswa telah terdaftar dalam waktu empat bulan di edX9. Dan Juga, dalam empat tahun sejak Universitas Terbuka mulai membuat kursus materi tersedia secara gratis di iTunes U Apple, hampir 60 juta unduhan telah tercatat di seluruh dunia10. Baru-baru ini, Universitas Terbuka mendirikan FutureLearn11 sebagai tanggapan Inggris terhadap munculnya MOOC, di kolaborasi dengan lembaga-lembaga utama Inggris seperti British Council, Perpustakaan Inggris dan Museum Inggris. Inisiatif ini telah menyebabkan publisitas luas dan juga strategis dialog di bidang pendidikan. Konsensus dalam pendidikan adalah bahwa setelah revolusi yang disebabkan oleh Internet dalam komunikasi, bisnis, hiburan, media antara lain sekarang giliran perguruan tinggi. Tepatnya dimana ini revolusi akan memimpin belum diketahui tetapi beberapa prediksi radikal telah telah dibuat termasuk akhir dari kebutuhan kampus universitas, sedangkan pandangan masa depan yang lebih ringan sedang mendiskusikan 'pembelajaran campuran' (kombinasi dari kuliah tradisional dengan aktivitas interaktif digital baru). Konsensus namun cara belajar siswa pendidikan tinggi akan segera berubah secara radikal. Inisiatif FIRE memiliki potensi untuk berkontribusi pada kemunculan ini tren dalam pendidikan tinggi, karena menawarkan berbagai eksperimen fasilitas yang dapat digunakan untuk belajar mengajar secara online. misi FIRE adalah untuk memastikan bahwa Industri Internet Eropa berkembang menuju Masa Depan Internet berisi teknologi, layanan, dan nilai Eropa. Melalui Inisiatif FIRE dan berbagai inisiatif regional dan global serupa lainnya fasilitas telah didirikan untuk memungkinkan eksperimen tersebut. Ini fasilitas mencakup sejumlah besar domain berbeda milik Masa Depan Ekosistem internet, seperti platform komputasi awan, nirkabel, dan sensor testbeds jaringan, Jaringan yang Ditentukan Perangkat Lunak dan fasilitas OpenFlow, infrastruktur untuk Komputasi Kinerja Tinggi, Evolusi Jangka Panjang (LTE) testbeds, kota pintar dan sebagainya. Namun, biaya yang sesuai baik untuk pendirian dan pengoperasian infrastruktur ini tidak boleh diabaikan. Oleh karena itu, penggunaan fasilitas yang optimal diinginkan oleh pemiliknya, tujuan yang secara umum belum tercapai saat ini. Untuk meningkatkan penggunaan, beberapa langkah dapat diambil.

Salah satu pendekatannya adalah dengan meningkatkan kesadaran akan fasilitas di dalam masyarakat yang kurang familiar dengan inisiatif FIRE. Lain adalah dengan menggunakan infrastruktur tidak hanya untuk penelitian dan pengembangan, tetapi juga untuk kegiatan lainnya seperti mengajar melalui pendekatan konstruktivis. Ini berarti bahwa siswa akan diaktifkan untuk mengambil inisiatif tertentu dalam pembelajaran mereka, dengan mendirikan dan melakukan eksperimen ilmiah berdasarkan KEBAKARAN. Dengan cara ini, menggunakan FIRE fasilitas untuk mengajar topik ilmu komputer atau domain ilmiah lainnya tidak hanya akan meningkatkan penggunaan fasilitas, itu juga akan meningkatkan KEBAKARAN kesadaran dalam jangka panjang karena siswa/eksperimen saat ini adalah peneliti masa depan. Dan jika materi pendidikan tersedia, itu benar-benar memungkinkan jenis/area eksperimen baru melalui FIRE, ini akan lebih jauh menurunkan ambang batas bagi peneliti untuk menjelajahi fasilitas baru dan teknologi.

Proyek FORGE menawarkan solusi untuk masalah ini dengan mengadopsi tren terbaru dalam pendidikan untuk memperkenalkan eksperimen KEBAKARAN fasilitas ke dalam komunitas eLearning. FORGE mempromosikan konsep penelitian eksperimental didorong dalam pendidikan dengan menggunakan eksperimen sebagai saluran pembelajaran dan pelatihan interaktif untuk siswa dan profesional dengan meningkatkan aksesibilitas dan kegunaan fasilitas FIRE. Tujuannya adalah untuk membuat komunitas dan ekosistem FORGE terbuka di mana sumber daya pendidikan, alat kolaboratif dan eksperimen yang diusulkan ditawarkan dan disumbangkan gratis.

**Latar Belakang dan Keadaan Seni**

**Desain Pembelajaran**

Pada bagian ini kami menguraikan berbagai teori pedagogis yang terkait dengan proses merancang courseware, atau Desain Pembelajaran seperti yang juga dikenal dalam literatur Technology-Enhanced Learning (TEL). Desain Pembelajaran (LD) adalah tindakan merancang praktik baru, rencana kegiatan, sumber daya dan alat yang ditujukan untuk mencapai tujuan pendidikan tertentu dalam situasi tertentu. LD harus diinformasikan oleh pengetahuan subjek, teori pedagogis, teknologi pengetahuan dan pengalaman praktis. Pada saat yang sama, itu juga harus menimbulkan inovasi di semua domain ini dan dukung pelajar dalam upaya dan tujuan mereka (Mor dan Craft, 2012).

Sebuah desain pembelajaran menangkap maksud pedagogis dari unit studi. Dia menawarkan gambaran luas dari serangkaian tindakan pedagogis yang direncanakan, daripada rekening rinci dari acara instruksional tertentu seperti yang mungkin dijelaskan dalam rencana pelajaran tradisional. Dengan demikian, desain pembelajaran menyediakan model untuk niat dalam konteks pembelajaran tertentu yang dapat digunakan sebagai kerangka kerja untuk desain analitik untuk mendukung fakultas dalam keputusan pembelajaran dan pengajaran mereka (Lockyer et al., 2013).

Bidang LD muncul pada awal 2000-an sebagai peneliti dan pendidikan pengembang melihat potensi untuk menggunakan Web untuk mendokumentasikan dan berbagi contoh dari praktik pendidikan yang baik. Smith dan Ragan (2005) telah mengusulkan bahwa LD mungkin lebih tepat digambarkan sebagai Desain untuk Pembelajaran. Beberapa umum definisi untuk LD adalah sebagai berikut:

Sebuah 'desain pembelajaran' didefinisikan sebagai deskripsi dari proses belajar mengajar yang terjadi di unit pembelajaran (misalnya, kursus, pelajaran atau acara pembelajaran yang dirancang lainnya). Prinsip utama dalam desain pembelajaran adalah bahwa itu mewakili kegiatan belajar dan mendukung kegiatan yang dilakukan oleh orang yang berbeda (peserta didik, guru) dalam konteks unit pembelajaran.” (Koper, 2006).

“Metodologi untuk memungkinkan guru/desainer menghasilkan lebih banyak keputusan berdasarkan informasi tentang bagaimana mereka merancang pembelajaran kegiatan dan intervensi, yang diinformasikan secara pedagogis dan memanfaatkan sumber daya dan teknologi yang tepat secara efektif. Ini termasuk desain sumber daya dan kegiatan belajar individu sampai ke desain tingkat kurikulum. Prinsip utama adalah membantu membuat proses desain lebih eksplisit dan dapat dibagikan. Desain pembelajaran sebagai wilayah penelitian dan pengembangan meliputi baik gathering bukti empiris untuk memahami proses desain, serta pengembangan berbagai sumber daya Desain Pembelajaran, alat dan kegiatan." (Conole, 2012).

Definisi ini menyarankan dua pendekatan yang tampaknya berlawanan. Namun, Falconer dkk. (2011) menunjukkan bahwa LD memiliki dua asal di TEL. Yang pertama adalah konstruksi sistem komputer untuk mengatur penyampaian pembelajaran sumber daya dan aktivitas untuk pembelajaran berbantuan komputer. Yang kedua ada di perlu menemukan cara yang efektif untuk berbagi inovasi dalam praktik TEL, menyediakan bantuan untuk efisiensi dan pengembangan profesional bagi guru. Karena itu, Definisi Koper mewakili asal TEL pertama, sedangkan definisi Conole diturunkan dari yang kedua. Elemen umum yang paling mudah dipahami dan diadaptasi dalam semua desain pembelajaran meliputi sebagai berikut (Lockyer et al., 2013):

• Satu set sumber daya untuk diakses siswa, yang dapat dipertimbangkan menjadi prasyarat untuk pembelajaran itu sendiri (ini mungkin file, diagram, pertanyaan, halaman web, dll.).

• Tugas peserta didik diharapkan untuk melaksanakan dengan sumber daya (mempersiapkan dan menyajikan temuan, menegosiasikan pemahaman, dll.).

• Mekanisme dukungan untuk membantu dalam penyediaan sumber daya dan penyelesaian tugas; dukungan ini menunjukkan bagaimana guru, ahli lain, dan rekan-rekan mungkin berkontribusi pada proses pembelajaran, seperti: sebagai moderasi diskusi atau umpan balik pada bagian penilaian (Bennett et al., 2004).

Desain Pembelajaran Sistem Manajemen Instruksional (IMS) (IMS-LD)13 spesifikasi mengungkapkan bahasa pemodelan standar untuk mewakili desain pembelajaran sebagai deskripsi belajar mengajar proses. Tujuan utama dari spesifikasi IMS-LD adalah ketentuan dari kerangka penahanan elemen yang dapat menggambarkan desain apa pun dari proses belajar mengajar secara formal. Dengan demikian, tujuan awalnya tujuan IMS-LD adalah (Koper, 2009):

• Deskripsi standar dari proses belajar dan mengajar yang adaptif yang berlangsung dalam kursus yang dikelola komputer, yaitu kursus ini: adalah “dikembangkan” sebelum digunakan; dapat digunakan oleh kelompok/kelas yang berbeda peserta didik pada waktu yang berbeda (prinsip: “Kembangkan sekali, jalankan berkali-kali”); dikelola oleh komputer (di sini: Runtime), bukan oleh guru; adalah dirancang untuk mencapai hasil belajar tertentu untuk kelompok sasaran tertentu (prasyarat) seefektif dan seefisien mungkin bagi individu pelajar.

• Dukungan semua jenis desain pembelajaran berdasarkan berbagai pedagogis pendekatan.

• Menjadikan kegiatan pembelajaran dan dukungan sebagai pusatnya, bukan isinya.

• Untuk menyediakan kerangka kerja integratif untuk sejumlah besar pembelajaran konten seperti IMS Common Cartridge (IMS-CC)14, IMS Content Packaging (IMS-CP)15, Pertanyaan IMS dan Spesifikasi Interoperabilitas Uji (IMS-QTI)16, Model Referensi Objek Konten yang Dapat Dibagikan (SCORM)17 serta layanan kolaborasi/komunikasi (misalnya audio/video konferensi, forum, dan kelas virtual).

## **Lab Online**

Laboratorium online telah dirancang dan beroperasi di bawah tema yang berbeda di untuk melatih siswa dan meningkatkan keterampilan mereka dalam program pendidikan tinggi (Harward et al., 2008). Bergantung pada metode yang digunakan untuk mengakses dan memicu peralatan di fasilitas backend dan teknologi yang digunakan di front-end antarmuka grafis, dari tiga hingga enam kategori berbeda telah ditentukan (Diwakar et al., 2013, Frerich et al., 2014, Bose, 2013). Kita dapat meringkas taksonomi ini menjadi tiga kategori:

1. Laboratorium virtual, yaitu laboratorium berbasis perangkat lunak, yang diberdayakan oleh alat simulasi.

2. Laboratorium jarak jauh, berdasarkan eksperimen jarak jauh pada peralatan laboratorium nyata.

3. Lab hibrida, yang menggabungkan dua di atas dengan memproses data keluaran dari pengukuran nyata menjadi alat simulasi.

Ada beberapa karya yang menggambarkan pendekatan yang berbeda universitas dan/atau proyek telah diterapkan untuk mengaktifkan laboratorium online terkait teknik. Sebagian besar pendekatan mengandalkan simulasi, menyediakan laboratorium virtual untuk pengajaran robotika (Abreu et al., 2013), sirkuit elektronik (Bagchi et al., 2013), control sistem (Diwakar et al., 2013) atau daftar luas disiplin ilmu teknik (Bos, 2013).

Beberapa pendekatan telah diusulkan secara publik untuk mengajarkan konten terkait telekomunikasi di laboratorium jarak jauh. Bose dan Pawar (2012) mengusulkan lab jarak jauh yang disebut Virtual Wireless Lab tempat siswa dapat belajar tentang dasar-dasar sinyal nirkabel, dengan konsep seperti radiasi antenna pola, produk gain-bandwidth antena, diskriminasi lintas kutub dan Rasio Kebisingan Sinyal (SNR). Arsitektur yang diusulkan menghadirkan front-end Halaman web berkemampuan Adobe Flash untuk mengakses back-end, yang menggunakan LabView untuk berinteraksi dengan peralatan telekomunikasi seperti penganalisis spektrum, osiloskop dan generator sinyal. eComLab mendukung konfigurasi dan instruksi serupa dengan menggunakan mesin virtual berbasis VNC khusus (VM) dikelola oleh server gateway yang memungkinkan konfigurasi lab jarak jauh dan eksperimen pada papan Emona DATEx dan NI ELVIS (Gampe et al., 2014). VM ini memiliki akses langsung ke perangkat keras papan yang mendukung kontrol percobaan langsung. Seorang pengguna dapat mengakses mesin ini menggunakan regular browser web dengan dukungan untuk plugin Flash dan Java. Karena alat dan peralatan yang digunakan oleh Virtual Wireless Lab dan arsitektur eComLab, mereka tidak mendukung antarmuka terbuka yang mudah digunakan untuk konfigurasi, pengumpulan data, berbagi sumber daya, dll. Sebaliknya, spesifikasi Perangkat Cerdas (López et al., 2015), dimulai oleh proyek Go-Lab EU FP7, menganjurkan semua perangkat (klien atau server) digunakan antarmuka umum seperti metadata, logging, pengumpulan data, konfigurasi, dan sebagainya untuk menyederhanakan komunikasi antara laboratorium jarak jauh, eksternal layanan dan aplikasi. Ini didukung oleh: protokol terbuka; WebSocket, yang menggunakan komunikasi dua arah asinkron antara klien dan server; dan Swagger, bahasa deskripsi berbasis JSON untuk web RESTful layanan yang mudah terintegrasi dengan WebSockets. Metadata Perangkat Cerdas adalah terpapar di Internet yang memungkinkan aplikasi, layanan, dan perangkat lain untuk berinteraksi dengan lab jarak jauh. Kursus telekomunikasi, seperti lab osiloskop tersedia di platform proyek Go-Lab18, dapat memanfaatkan Smart Spesifikasi perangkat untuk mendukung desain, integrasi, dan meningkatkan kegunaan. Prinsip-prinsip keterbukaan dan kemudahan penggunaan ini juga merupakan filosofi diikuti oleh kerangka FORGEBox.

## **Kerangka FORGE**

Pendekatan arsitektur keseluruhan FORGE ditampilkan pada Gambar 17.5 dan mencakup peran pengguna FORGE (yaitu pelajar, perancang kursus, instruktur, dan sebagainya) sebagainya) dan persyaratan. Pendekatan arsitektur adalah menuju pencapaian tantangan FORGE awal kami meliputi:

• Untuk membuat reservasi sumber daya di fasilitas (berbeda) menjadi mudah bagi keduanya guru dan peserta didik;

• Untuk memungkinkan kontrol eksperimen cepat yang mudah, dari berbagai perangkat dan artinya, selama proses pembelajaran;

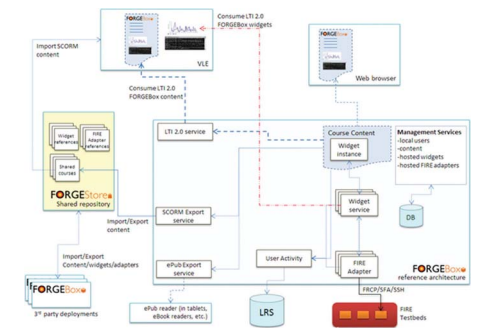
• Untuk mengetahui identitas pengguna yang sedang melakukan percobaan yang dimulai dari dalam browser web klien;

• Untuk mengakses sumber daya yang hanya dapat dijangkau melalui IPv6 atau melalui VPN;

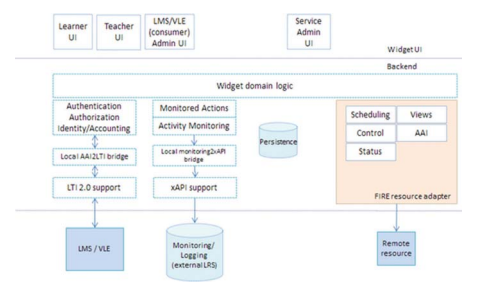
• Hindari memutus alur logis dari eksperimen pendidikan saat pengguna berperilaku tidak terduga;

• Untuk mengizinkan beberapa pengguna berbagi eksperimen yang sama;

• Menangani sejumlah besar pengguna simultan.



solusi pemanfaatan teknologi eLearning ini di dua bidang: interoperabilitas dan sarana untuk mempelajari perilaku pengguna sambil belajar di atas dari api. Teknologi tersebut adalah Learning Tools Interoperability (LTI) standar, SCORM dan Experience API (xAPI), umumnya dikenal sebagai API Kaleng Kaleng. Adopsi LTI memberikan integrasi yang lebih baik antara teknologi FORGE dan LMS dan VLE yang ada. LTI memberikan pengalaman yang mulus untuk pelajar saat berinteraksi dengan konten LMS/VLE dan sumber FIRE jarak jauh. Akibatnya, LTI mempermudah organisasi untuk mengadopsi dan menggunakan teknologi FORGE dan mengintegrasikannya dengan sistem pembelajaran mereka sendiri yang sudah diterapkan. xAPI di sisi lain tangan memungkinkan instruktur untuk mempelajari perilaku peserta didik saat berinteraksi dengan sebuah fasilitas.



Untuk mengatasi hal di atas, kami membuat arsitektur referensi untuk widget dan adaptor FIRE yang mendukung interaksi dengan fasilitas FIRE jarak jauh melalui VLE. Gambar diatas menampilkan arsitektur referensi yang kami usulkan untuk widget, dengan komponen arsitektur yang dibutuhkan pengembang untuk menerapkan untuk mencapai hasil yang paling diinginkan dari menjembatani belajar dengan interaktivitas sumber daya jarak jauh FIRE. Karena widget adalah web layanan yang dihosting di suatu tempat di Internet siap untuk dikonsumsi oleh orang lain konten web, arsitektur mendefinisikan UI widget serta logika domain backend dan komponen arsitektur inti. Selanjutnya kita bahas peran penggunaan yang didukung dan setiap komponen arsitektur. Ini didukung peran adalah:

• Administrator Layanan: pengguna yang bertanggung jawab atas seluruh widget layanan web. Administrator Layanan dapat masuk ke mesin host dan mengelola layanan yang menyediakan widget kepada konsumen. Melayani Administrator juga dapat mengelola misalnya pengguna, pendaftaran, dll kasus penggunaan khusus untuk kemampuan yang akan ditawarkan oleh layanan widget. Misalnya. administrator widget ssh2web dapat mengizinkan domain tertentu yang dapat menggunakan layanan tersebut.

• Administrator LMS/VLE: bertanggung jawab untuk mengintegrasikan widget ke menargetkan sistem pembelajaran LMS/VLE atau bahkan dalam eBook. Dia perlu perhatikan dokumentasi widget, cara pengirimannya (mis URL), API-nya, kompatibilitas LTI, dll. Misalnya, administrator bertanggung jawab untuk instalasi Moodle dapat mengunjungi FORGEStore dan membaca dokumentasi widget. Kemudian dia bisa mendaftarkan widget ke lingkungan Moodle dengan menggunakan URL pendaftaran LTI dari widget melayani.

• Guru/Instruktur: mendefinisikan perilaku dan pengaturan untuk tertentu kursus. Dia juga dapat menggunakan antarmuka untuk memesan sumber daya atau mengatur ranjang percobaan.

• Pelajar: berinteraksi dengan widget dan sumber daya jarak jauh selama proses pembelajaran.

UI widget adalah komponen utama yang digunakan pengguna untuk berinteraksi dengan widget. Untuk berperilaku dengan benar, layanan Widget harus mengetahui konteksnya bekerja di bawah, untuk menampilkan UI yang setara dengan benar sesuai dengan peran pengguna. Jadi, jika memungkinkan, widget harus memperhatikan:

• Layanan konsumen yang dihosting dan dioperasikan (yaitu apakah LMS/VLE, URL VLE, ​​eBuku, dll.);

• Jenis konsumen (yaitu kemampuannya, browser, tablet, dll.);

• Identitas pengguna saat ini dan perannya;

• Kursus saat ini (konten atau referensi halaman).

Semua informasi ini dapat diteruskan baik melalui API widget (mis parameter URL) atau melalui cara yang lebih modern seperti LTI API. Menurut untuk peran pengguna harus ada UI yang berbeda. Jadi beberapa persyaratan pertama untuk layanan widget harus:

• API untuk memanggil widget dan meneruskan identitas dan konteks pengguna;

• Untuk ini, penggunaan LTI dianjurkan

• Titik akhir khusus (URL) yang akan melayani setiap pengguna sesuai dengan tujuannya peran

• Misalnya, administrator layanan mengunjungi http://www.mywidgeturl.org:8080/admin

• Misalnya, admin VLE mengunjungi http://www.mywidgeturl.org:8080/lti/daftar

Widget tidak perlu mengimplementasikan semua antarmuka pengguna ini. Untuk contoh, widget FORGE dari kursus Lab Pendamping Guru tidak perlu untuk menyediakan UI Pembelajar karena hanya dapat digunakan oleh Guru.

# **Perangkat Kursus dan Evaluasi**

Pada bagian ini, metodologi FORGE disajikan. Ini telah dikembangkan berdasarkan analisis keadaan seni dalam teknologi pendidikan dengan fokus khusus pada laboratorium jarak jauh dan pembelajaran online. Kami juga menguraikan mekanisme FORGE untuk mengumpulkan analisis pembelajaran informasi berdasarkan sintesis dari penelitian yang tersedia dan menggunakan teknologi dan upaya standardisasi. Akhirnya, kami memberikan ikhtisar dan evaluasi lima kursus FORGE yang disajikan kepada lebih dari seribu siswa.

## **Metodologi FORGE**

Salah satu tujuan utama FORGE adalah memungkinkan pendidik dan peserta didik untuk mengakses dan secara aktif menggunakan fasilitas FIRE untuk melakukan eksperimen ilmiah. Dengan demikian kami mengikuti pendekatan konstruktivis untuk pendidikan di mana pembelajaran membutuhkan tempat oleh siswa menciptakan artefak daripada mengasumsikan peran pasif dari pendengar atau pembaca. Pendekatan kami didasarkan pada berbagai studi yang telah menunjukkan bahwa dengan scaffolding yang tepat, pelajar yang kompeten mendapat manfaat banyak dari pendekatan konstruktivis atau belajar sambil melakukan (De Jong, 2006, Hakkarainen, 2003, Kasl dan Yorks, 2002). Pendekatan berbasis eksperimen dari FORGE berkontribusi untuk mendorong pembelajaran konstruktivis dengan mengubah peserta didik menjadi peneliti ilmiah aktif, dilengkapi dengan eksperimen kelas dunia fasilitas.

Dari perspektif teknologi pembelajaran, FORGE membangun di atas yang baru tren pendidikan online. Lebih khusus lagi, di platform pendidikan online seperti iTunes U, serta di MOOC, kami melihat peningkatan skala besar dan penggunaan konten media yang kaya. Ini termasuk video dalam berbagai format termasuk webcast dan podcast dan eBook, yang dapat berisi multimedia dan segmen interaktif. Secara khusus, eBuku memberikan tingkat baru dari interaktivitas karena teks, gambar, dan video pembelajaran tertentu dapat didekatkan terintegrasi dengan latihan interaktif19. Dalam konteks proyek Eropa EUCLID20 (Kurikulum Pendidikan untuk penggunaan Data Tertaut), kami memiliki telah menghasilkan sumber belajar interaktif seperti itu tentang Data Tertaut dan mengirimkannya dalam berbagai format, agar dapat diakses dari berbagai perangkat, baik mobile (tablet dan smartphone), maupun desktop komputer. Berdasarkan pekerjaan ini, FORGE menghasilkan pembelajaran interaktif sumber daya yang menargetkan berbagai media dan perangkat untuk memaksimalkan dampaknya pada komunitas eLearning.

FORGE memungkinkan siswa untuk mengatur dan menjalankan eksperimen KEBAKARAN dari dalam konten pembelajaran terkait yang kaya yang disematkan sebagai widget di dalam interaktif Sumber Belajar. Widget adalah komponen perangkat lunak yang kuat yang dapat digunakan kembali di berbagai konteks pembelajaran dan untuk pendidikan yang berbeda tujuan. Mereka menawarkan antarmuka yang sederhana dan dapat menyelesaikan tugas sederhana, seperti menampilkan feed berita. Mereka juga dapat berkomunikasi satu sama lain dan bertukar data, sehingga dapat digunakan bersama untuk membuat mashup dari widget yang saling melengkapi. Portabilitas widget sesuai pesanan aplikasi yang dapat disematkan ke berbagai lingkungan online memastikan bahwa solusi pembelajaran FORGE yang diimplementasikan sebagai widget memiliki reusability yang tinggi faktor di beberapa domain pembelajaran dan teknologi pembelajaran online.

Dalam FORGE, widget memungkinkan pendidik dan pelajar untuk mengakses dan secara aktif menggunakan fasilitas Internet Masa Depan sebagai laboratorium jarak jauh untuk melakukan ilmiah eksperimen. Pelajar dan pendidik dapat menyiapkan dan menjalankan eksperimen Internet Masa Depan dari dalam konten pembelajaran terkait yang kaya yang disematkan sebagai widget di dalamnya eBook dan LMS interaktif.

Metodologi FORGE untuk produksi kursus yang mendukung KEBAKARAN terdiri dari langkah-langkah berikut (Mikroyannidis et al., 2016):

• Menentukan persyaratan kursus. Dalam langkah ini, pendidik menentukan persyaratan kursus secara keseluruhan, termasuk tujuan pembelajaran dari saja, keterampilan yang dibutuhkan, keterampilan yang akan diperoleh peserta didik setelahnya menyelesaikan kursus ini, jangka waktu kursus, jumlah peserta dan metode penyampaian (online, tatap muka, atau campuran).

• Mengidentifikasi fasilitas KEBAKARAN. Pada langkah ini, pendidik mengidentifikasi KEBAKARAN fasilitas yang sesuai dengan kebutuhan kursus. Fasilitas KEBAKARAN ini akan dipilih berdasarkan kesesuaiannya dengan tujuan pembelajaran kursus dan keterampilan yang terkait. Jumlah peserta didik dan jangka waktu juga akan berperan dalam memilih fasilitas KEBAKARAN berdasarkan ketersediaannya. Tugas pertama dan terpenting adalah mengidentifikasi fasilitas fitur yang sesuai dengan konten kursus yang dimaksud. Ketika seseorang, misalnya, ingin memasukkan latihan eksperimental menggunakan khusus mengembangkan protokol transmisi nirkabel, fasilitas harus dipilih di mana seseorang memiliki izin untuk mengadaptasi driver radio atau di mana seseorang dapat menggunakan perangkat radio kognitif, dll. Gambaran dasar yang paling menonjol fitur fasilitas yang tercakup dalam portal Fed4FIRE21.

• Penulisan konten pendidikan. Konten pendidikan yang akan terbentuk jalur pembelajaran kursus ditulis dalam langkah ini. Temuan sumber pendidikan terbuka yang cocok untuk kursus cukup penting, karena ini dapat digunakan kembali, diadaptasi, dan digunakan kembali agar sesuai dengan tujuan pembelajaran kursus dan persyaratan lainnya. Sumber daya ini dapat memiliki bentuk teks yang menjelaskan teori di balik latihan tertentu, kuesioner dengan opsi pilihan ganda, video dengan ceramah, video dengan instruksi tentang cara melakukan latihan, gambar dan diagram tentang arsitektur dan topologi komponen yang diperlukan, grafik representasi dari hasil yang diinginkan dll.

• Integrasi fasilitas dan konten FIRE. Pada langkah ini, FIRE yang dipilih fasilitas dan konten pendidikan kursus terintegrasi dalam rangka untuk membentuk jalur pembelajaran yang lengkap. Fasilitas KEBAKARAN biasanya terintegrasi sebagai widget, yang dapat digunakan kembali di berbagai pembelajaran kegiatan untuk tujuan pembelajaran yang berbeda.

• Penyebaran. Penyebaran kursus untuk disampaikan kepada peserta adalah dilakukan pada langkah ini. Tergantung pada persyaratan kursus untuk pengiriman (online, tatap muka, atau campuran), pengajar dapat menerapkan kursus dalam LMS, VLE, ​​atau sebagai eBook interaktif.

• Evaluasi. Pada langkah ini, pendidik mengevaluasi keberhasilan kursus, berdasarkan umpan balik kualitatif yang diterima dari peserta didik melalui survei dan kuesioner, atau melalui data kuantitatif yang dikumpulkan oleh Learning Analytics alat yang melacak interaksi pelajar dengan materi kursus dan dengan satu sama lain.

• Refleksi dan adaptasi. Dengan menganalisis secara kualitatif dan kuantitatif data yang dikumpulkan dari evaluasi kursus, pendidik memiliki kesempatan untuk merefleksikan dan menarik beberapa kesimpulan tidak hanya tentang potensi adaptasi dan perbaikan kursus, tetapi juga, dan yang paling penting, tentang dampak kursus pada siswa dan keterampilan dan pengetahuan mereka diperoleh.

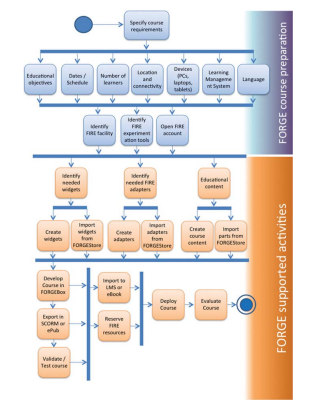
Gambar dibawah merangkum metodologi FORGE, menunjukkan langkah-langkah yang harus diikuti untuk menyebarkan, membuat, menggunakan, dan/atau menggunakan kembali kursus FORGE. Sebagai digambarkan, dua fase utama harus dipertimbangkan: a) Persiapan kursus, dan b) Penyebaran kursus. Dalam setiap fase, proses yang berbeda didefinisikan untuk memandu pengembang kursus dan peserta didik menuju penerapan kursus yang sukses dan pengalaman belajar.

## **Analisis Pembelajaran**

LearningAnalytics dapat digambarkan sebagai "pengukuran, pengumpulan, analisis" dan pelaporan data tentang peserta didik dan konteksnya, untuk tujuan memahami dan mengoptimalkan pembelajaran dan lingkungan di mana ia terjadi".

22 Bidang Learning Analytics pada dasarnya adalah "bidang bricolage, menggabungkan metode dan teknik dari berbagai bidang pengumpan:

analisis jaringan sosial (SNA), pembelajaran mesin, statistik, tutor cerdas, belajar ilmu pengetahuan, dan lain-lain” (Siemens, 2014). Learning Analytics menerapkan teknik dari ilmu informasi, sosiologi, psikologi, statistik, pembelajaran mesin, dan penambangan data untuk menganalisis data dikumpulkan selama penyelenggaraan pendidikan dan pelayanan, pengajaran, dan pembelajaran. Learning Analytics menciptakan aplikasi yang secara langsung memengaruhi pendidikan praktek (Shum et al., 2012). Misalnya, proyek OU Analyse23 menyebar teknik pembelajaran mesin untuk identifikasi awal siswa yang berisiko gagal dalam satu mata kuliah. Selain itu, Analisis OU menampilkan Aktivitas yang dipersonalisasi Rekomendasi menyarankan siswa bagaimana meningkatkan kinerja mereka di kursus.

Dengan LearningAnalytics, Anda dapat memperoleh informasi berharga tentang bagaimana pelajar berinteraksi dengan courseware FORGE, selain milik mereka sendiri penilaian yang diberikan melalui kuesioner. Secara khusus, kami mengumpulkan data dihasilkan dari merekam interaksi pelajar dengan widget FORGE.

Kami melacak aktivitas pelajar, yang terdiri dari interaksi antara subjek (peserta didik), objek (widget FORGE) dan dibatasi dengan kata kerja (tindakan yang dilakukan). Kami menggunakan Tin Can24 API (juga dikenal sebagai xAPI) untuk mengungkapkan dan bertukar pernyataan tentang kegiatan pembelajar, serta keterbukaan sumber Learning Locker25 LRS (Learning Record Store) untuk menyimpan dan memvisualisasikan kegiatan peserta didik. Widget FORGE menggunakan LTI 2.026 untuk integrasinya dalam LMS. FIRE Adaptor berfungsi sebagai middleware antara widget FORGE dan FIRE fasilitas (testbeds), sedangkan lapisan FORGEBox menawarkan pengalaman yang mulus sementara peserta didik melakukan kursus, membaca konten dan berinteraksi dengan fasilitas KEBAKARAN. Semua interaksi yang dilakukan oleh pengguna pada konten kursus dan widget direkam dan disimpan di Learning Locker LRS menggunakan xAPI.

Aktivitas pelajar pada widget FORGE biasanya mencakup inisialisasi percobaan, pengaturan parameter percobaan dan, akhirnya, menyelesaikan percobaan. Oleh karena itu, aktivitas pembelajar ditangkap oleh Widget FORGE menggunakan jenis kata kerja xAPI berikut:

• Inisialisasi27: Secara formal menunjukkan awal pelacakan analitik, dipicu oleh pelajar "melihat" halaman web atau widget. Ini berisi (anonim) id pelajar dan latihan/widget yang diinisialisasi.

• Interacted28: Dipicu saat eksperimen dimulai oleh pelajar, berisi id pelajar, latihan, dan kemungkinan parameter yang dipilih oleh pelajar. Parameter ini disimpan dalam bentuk JSON serial menggunakan objek hasil, seperti yang didefinisikan oleh xAPI.

• Selesai29 : Kata kerja terakhir, menandakan penyelesaian latihan oleh pelajar dan dapat menyertakan durasi yang diambil pelajar untuk melakukan eksperimen, yang diformat menggunakan sintaks durasi ISO 8601 mengikuti spesifikasi xAPI. Aktivitas pelajar yang lebih khusus juga dicatat oleh widget FORGE tergantung pada fungsionalitas yang ditawarkan oleh masing-masing widget. Berikut, menggunakan kembali kosakata yang sudah ditentukan31:

* Pembuatan, pembaruan, dan penghapusan perangkat: Kami menggunakan kata kerja "buat", "hapus" dan “perbarui” dari “http://activitystrea.ms/schema/1.0/”.
* Pembuatan dan penghapusan tautan (yaitu, menghubungkan dan memutuskan dua perangkat): Pembuatan dan penghapusan tautan dinyatakan sebagai pengguna yang membuat tautan yang memiliki dua titik akhirnya yang didefinisikan sebagai informasi kontekstual. Alternatif lain bisa saja menggunakan kata kerja connect/disconnect yang tidak ada untuk menyatakan bahwa pengguna menghubungkan perangkat ke perangkat lain (yang terakhir seharusnya ditambahkan sebagai informasi kontekstual). Namun, kami memilih alternatif pertama karena menggunakan kembali kata kerja yang sudah ada.

17.5.3 WLAN dan LTE (iMinds)

iMinds telah membuat dua 'flipped labs' (untuk blended learning di 'flipped class room') agar pelajar dapat lebih memahami apa yang memengaruhi throughput data melalui dua jenis jaringan nirkabel yang berbeda. Satu lab menggunakan jaringan Wireless Local Area Network (WLAN) dengan teknologi Wi-Fi sedangkan lab lainnya menggunakan jaringan seluler 4G dengan teknologi Long Term Evolution (LTE). Laboratorium ini secara tradisional diajarkan dengan perangkat keras lokal, tetapi dipindahkan melalui proyek FORGE ke fasilitas FIRE. Kami sekarang mendapatkan keuntungan dari hasil 'flipped labs' karena otomatisasi konfigurasi lab menyederhanakan organisasi sesi lab pada saat tertentu dan di lokasi tertentu. Selain itu, perangkat keras fasilitas FIRE yang lebih canggih dapat digunakan yang tidak tersedia secara lokal.

Mesin eksperimen sebenarnya terletak di testbed w-iLab.t, di mana mereka dipilih secara dinamis dari 75 node nirkabel, tergantung pada ketersediaan. Mesinmesin ini dikendalikan dari sebuah node dari Virtual Wall, sebuah testbed yang terdiri dari 400 server multi-core. Node Virtual Wall berisi komponen kursus interaktif dan bertanggung jawab untuk mengontrol node nirkabel dengan "Kontrol dan Manajemen Kerangka Kerja" (OMF) Pengontrol Eksperimen. Semua interaksi pengguna pergi melalui mesin ini, yang menggunakan adaptor dan widget, yang dikembangkan di dalam FORGE, untuk mengeksekusi dan memvisualisasikan eksperimen. Berkat ekstensi kami dalam widget dan adaptor, banyak pelajar dapat secara bersamaan mengakses kursus interaktif dan berbagi sumber daya FIRE. Lab WLAN dilaksanakan pertama kali untuk sekitar 90 mahasiswa pada Februari 2015 di Universitas Ghent (Belgia).

Interaksi berbagai komponen antara pelajar dan fasilitas FIRE untuk lab WLAN dan LTE iMinds. diselenggarakan selama 2-3 jam dan berlangsung di ruang lab komputer di mana siswa dapat melakukan eksperimen KEBAKARAN secara online dengan pembinaan anggota staf universitas. Para siswa menjawab pertanyaan lab di atas kertas atau online dan anggota staf mengoreksinya setelah itu.

Untuk umpan balik kuantitatif, analitik pembelajaran diterapkan menggunakan TinCan API, Learning Locker, dll. Memplot skor rata-rata untuk setiap pertanyaan survei kualitatif yang berbeda, baik untuk 2015 dan 2016 untuk siswa di Ghent Universitas.

Ini harus dikutip pada skala 5-Likert (1: sangat tidak setuju, 3: netral, 5: sangat setuju). Kami melihat skor yang sangat baik untuk pernyataan yang berbeda, rata-rata sekitar '4' ("setuju" dengan pernyataan tersebut) dan skornya konsisten untuk tahun 2015 dan 2016. Ini menunjukkan bahwa kami dapat menerapkan kursus yang sukses mengenai kualitas, efektivitas, dan kemudahannya. penggunaan. Beberapa siswa mengutip dari survei, yang mewakili jenderal kecenderungan, disebutkan di bawah ini:

*• “Dinding iMinds mudah digunakan”*

*• “Pendekatan langsung”*

*• “Tidak ada kerumitan konfigurasi”*

*• “Benar-benar mempelajari beberapa konsep yang menarik”*

*• “Konsep baru yang keren”*

*• “Saya dapat “menjeda” sesi kapan pun saya mau dan melanjutkan ketika aku punya waktu."*

*• “Lingkungan belajar modern dan interaktif”*

*• “Saya sangat menikmati sesi Lab ini lebih dari yang saya kira akan”*

*• “Sistem FORGE luar biasa!”*

Berkat pengalamannya, ia berinvestasi dalam widget terkait PLE dan adaptor FIRE untuk menyiapkan kursus prototipe – Kontrol Kemacetan TCP UPMC. Hal ini pada gilirannya mendukung peluncuran kursus eksternal yang disebut METRO MOOC. Kursus prototipe Kontrol Kemacetan TCP UPMC berfokus pada mekanisme dasar TCP. Setelah beberapa latihan yang menggambarkan mekanisme kontrol kemacetan, jejak nyata lalu lintas jarak jauh dilakukan pada fasilitas PLE dan dianalisis dengan alat penganalisis paket. Pengembangan kursus itu sendiri sejalan dengan metodologi yang dijelaskan oleh FORGE.

Kursus berlangsung pada bulan Oktober 2014 dan Oktober 2015, masing-masing selama satu minggu. Reservasi sumber daya PLE dan persiapan tim pengajar dilakukan seminggu sebelumnya. Jumlah maksimum kelompok siswa sekaligus reservasi sumber daya terpandu (siswa bekerja berpasangan di semua tutorial bekerja). Jumlah maksimum siswa dalam satu kelompok pada saat yang sama adalah 2, dan ada total 30 kelompok siswa. Semua kelompok melakukan kursus selama waktu yang sama. Penggunakan alat khusus untuk membuat reservasi pada potongan PLE untuk menghasilkan semua konfigurasi. Kursus prototipe UPMC dilaksanakan dua kali di dalam kelas dengan antarmuka web di komputer tempat siswa biasanya membuat kerja praktek mereka. Kelompok yang terdiri dari 30 siswa bekerja berpasangan dengan satu tutor. Lab kursus ini mengikuti kuliah 2 jam tentang teori pengendalian kemacetan.

UPMC juga memberikan bantuan dalam pembuatan kursus eksternal yang disebut: MOOC “Pengukuran Internet: Pengenalan Langsung”, yang ditawarkan oleh platform e-learning nasional Prancis France Université Numérique (FUN). Kursus ini telah dikembangkan dengan METRO FORGE

proyek panggilan terbuka yang diusulkan oleh INRIA. MOOC ini dimaksudkan untuk menarik sebanyak 5.000 siswa. Telah dibuka untuk umum sejak 23 Mei 2016 dan juga menggunakan testbed PLE untuk eksperimen seperti ping, traceroute dan iperf. Ada kemungkinan ratusan permintaan datang ke testbed PLE setiap menit dalam konteks MOOC bersama dengan penggunaan biasa oleh para peneliti dan anggota PLE. Sangat jelas bahwa PLE tidak dapat menangani permintaan dalam jumlah besar yang datang hampir setiap menit. Agar tidak membebani sisi testbed, MOOC mengembangkan solusi berbasis REST API dengan penjadwalan pekerjaan. Semua permintaan percobaan MOOC disimpan langsung dalam database berbasis dokumen NoSQL di awal dengan status pekerjaan "menunggu untuk dieksekusi".

Agen juga menghitung perkiraan waktu pelaksanaan pekerjaan baru dan menginformasikan pengguna untuk kembali setelah jangka waktu tertentu untuk memeriksa hasilnya. Ketika agen bebas untuk mengambil pekerjaan baru, mereka memprosesnya dan mengubah status pekerjaan menjadi "melaksanakan" dan kemudian menjadi "selesai". Dengan cara ini agen tidak membebani testbed dengan menjadwalkan waktu untuk memproses pekerjaan baru. Perlu disebutkan bahwa, 550 FORGE: Kerangka eLearning untuk Eksperimen Laboratorium Jarak Jauh semua node PLE yang tersedia digunakan untuk MOOC. Tidak ada node yang dipesan sebelumnya, agen melakukannya secara real time. Artinya, pada saat ini semua node PLE yang tersedia akan terlihat oleh siswa dan mereka memiliki kebebasan untuk memilih node pilihan mereka untuk melakukan eksperimen mereka.

Layanan berjalan di latar belakang memeriksa ketersediaan node PLE setiap beberapa menit. Dengan tersedia yang kami maksud adalah bahwa semua node PLE yang aktif dan berjalan pada saat percobaan tidak semua node PLE yang tidak dicadangkan. Karena PLE menggunakan virtualisasi untuk setiap reservasi, satu node dapat dipesan oleh beberapa pengguna secara bersamaan. Karena fitur canggih ini, pelajar diberikan semua node PLE untuk eksperimen melalui daftar dropdown. Agar tidak membebani node tertentu, kami menggunakan mekanisme antrian. Jika beberapa pelajar memilih node tertentu, kami menempatkan mereka dalam antrian berdasarkan first come first serve. Kami juga memberi mereka perkiraan waktu untuk menyelesaikan percobaan. Untuk saat ini, kami hanya mengizinkan 2 eksperimen untuk berjalan secara bersamaan pada satu node. Ini dapat ditingkatkan menjadi lebih banyak jika node mampu menanganinya. Alasan lain untuk tidak mengizinkan lebih dari 2 eksperimen secara bersamaan adalah untuk tidak mengganggu penggunaan biasa dari node ini untuk pengguna PLE lainnya.

Kursus OFDM TCD berjalan sepenuhnya pada fasilitas testbed radio (SDR) yang ditentukan perangkat lunak IRIS. Testbed IRIS terdiri dari 16 unit radio USRP fleksibel yang masing-masing terhubung ke mesin virtual yang menjalankan SDR seperti IRIS atau GNU Radio. Sumber daya disediakan secara otomatis oleh server gateway, yang juga mendukung inisialisasi layanan eksperimen seperti pengumpulan data titik pengukuran. Diagram konseptual sumber daya cloud virtual IRIS, hypervisor radio, eksperimen pengguna, dan peralatan fisik

Telah disajikan sembilan kali selama dua belas bulan terakhir di Brasil, Meksiko dan Irlandia untuk total 148 siswa menjalankan setidaknya 1.400 percobaan. Saat ini ada dua versi kursus. Versi pertama telah disajikan kepada sekitar 132 siswa. Saat ini, guru memesan testbed untuk digunakan di laboratorium berbasis eksperimen jarak jauh. Selain itu, lebih dari 90% setuju bahwa mereka sadar eksperimen dijalankan dari jarak jauh di testbed nirkabel TCD sambil lebih dari 76% setuju bahwa antarmuka web membantu mengurangi kesulitan lab. Selain itu, lebih dari 90% siswa setuju bahwa lab membantu mereka menilai sendiri kemajuan mereka. Akhirnya, hampir 80% siswa yang disurvei ingin menggunakan fasilitas testbed di masa depan jika mereka memiliki akses ke sana. Umpan balik instruktur yang lebih rinci juga dikumpulkan, tetapi secara informal melalui email. Tanggapan dari survei versi pertama kursus OFDM TCDs.

Tentang kursus, konten dan struktur sangat positif dari siswa dan guru. Namun, beberapa persyaratan untuk meningkatkan kursus juga diidentifikasi. Ini termasuk kebutuhan akan sistem yang lebih terukur, responsif, berkelanjutan, dan dapat digunakan kembali dengan kemampuan untuk memberikan informasi waktu nyata kepada pengguna akhir. Selanjutnya, perubahan lain pada kursus melibatkan pengumpulan data pengukuran secara real-time. Ini sekarang dikumpulkan menggunakan OML dan disajikan oleh widget interaktif berbasis JavaScript kepada siswa. Tangkapan layar sampel grafik real-time yang menampilkan data yang diterima dari testbed IRIS TCD dari versi kedua kursus OFDM yang didukung oleh Radio GNU tersedia.

Karena arsitektur kursus OFDM hampir sepenuhnya dikembangkan kembali, kami hanya dapat mendaur ulang widget komponen kontrol yang dikembangkan dalam implementasi IRIS versi 1. Namun, kami menggunakan kembali dan memperluas widget grafik yang dikembangkan oleh iMinds untuk mendukung pembuatan grafik frekuensi, waktu, air terjun, dan konstelasi dari database SQLite. Selain itu, kami menggunakan Perpustakaan Pengukuran OMF NICTA untuk pengumpulan data titik pengukuran waktu nyata selama eksekusi eksperimen. Selanjutnya, kami mengembangkan adaptor XML untuk mendukung pengguna mengirim parameter konfigurasi ke GNU Radio secara real-time.

Ini telah divalidasi dalam penerapan kursus OFDM baru-baru ini kepada 16 mahasiswa di Universitas Brasilia, Brasil yang mampu mengubah parameter OFDM, mengirim paket data, dan memantau aktivitas USRP secara real-time.

17.6 Diskusi

FORGE telah menyelidiki bagaimana fasilitas FIRE, yang telah dibangun terutama untuk tujuan penelitian, dapat digunakan kembali dan disesuaikan untuk tujuan pengajaran dan pembelajaran. Proyek ini telah memberikan bukti bahwa FIRE testbeds dapat berfungsi sebagai laboratorium jarak jauh kelas dunia untuk pendidik dan pelajar dan dapat digunakan untuk eksperimen online dalam berbagai konteks pembelajaran. Eksperimen dengan demikian dieksekusi dan dimanipulasi oleh server web (melalui permintaan berbasis web oleh pelajar) daripada langsung oleh pelajar. Sumber daya dan widget/adaptor yang menyertainya di server web selanjutnya mungkin tidak dipesan oleh pelajar itu sendiri, dan dengan demikian pelajar mungkin mengendalikan (melalui server web) sumber daya yang dicadangkan oleh orang lain (biasanya oleh pendidik) . Ini memerlukan penggunaan semacam mekanisme 'proxy' atau 'speaks-for', yang memungkinkan berbagi sumber daya secara aman di antara beberapa akun FIRE.

Tantangan signifikan lainnya terletak pada kenyataan bahwa tidak ada sistem reservasi umum untuk semua fasilitas FIRE. Tergantung pada kelangkaan sumber daya yang digunakan oleh lab, mekanisme reservasi tertentu harus ada untuk menjamin ketersediaan latihan interaktif selama lab. Ketika sekelompok pelajar (misalnya semua siswa dalam kelas yang sama) mengikuti kursus yang sama dan melakukan eksperimen yang sama, sejumlah besar sumber daya FIRE akan diperlukan pada saat yang sama. Ketika sekelompok pelajar (misalnya semua siswa dalam kelas yang sama) mengikuti kursus yang sama dan melakukan eksperimen yang sama, sejumlah besar sumber daya FIRE akan diperlukan pada saat yang sama. Load balancer dengan beberapa instance eksperimen dan degradasi yang anggun melalui hot-standby.

Mekanisme reservasi umum di seluruh testbed FIRE akan menyelesaikan kompleksitas tambahan ini dan juga akan memberikan insentif dan jalur implementasi yang jelas untuk fasilitas FIRE. Karena sebagian besar fasilitas FIRE hanya menawarkan ketersediaan sumber daya 'usaha terbaik', bahkan dengan reservasi, selalu ada kemungkinan kegagalan sumber daya atau testbed total. Bahkan jika tidak ada jalan lain yang mungkin untuk mengurangi jenis kegagalan ini, sistem degradasi yang anggun dapat mengurangi dampak pada pelajar. Mekanisme mundur ke versi lab non-interaktif dengan pesan yang jelas kepada pelajar dapat meningkatkan pengalaman pengguna secara signifikan. Idealnya mekanisme mundur ini juga memungkinkan untuk beralih kembali ke versi interaktif dengan mulus setelah konektivitas dipulihkan ke sumber daya fasilitas FIRE dan mempertahankan hasil eksperimen sebelumnya.