

RANCANG BANGUN MEDIA PRAKTIKUM MATA KULIAH SISTEM OPERASI DENGAN KERNEL VIRTUAL MACHINE SERVER TERINTEGRASI DENGAN SISTEM AKADEMIK

Egi Adithia Pradana¹, Anisah Amelia Putry², Selvi Mursidayanti³
^{1,2,3}Institut Bisnis dan Informatika Kesatuan, Jl. Ranga Gading No 1, Bogor
Jawa Barat, Indonesia
Email: egiadithia@ibik.ac.id

Article History

Received: 13-09-2023

Revision: 21-10-2023

Accepted: 23-10-2023

Published: 25-10-2023

Abstract. Virtualization is a necessity that every company cannot resist anymore, not only large-scale, but also medium and small. This research aims to develop a KVM-based server virtualization platform as a means of replacing desktop-based virtualization applications which are classified as full virtualization types, there are many limitations. Based on the results of the research and discussion above, it can be concluded that the Operating System as one of the courses taught from the field of computer science can still be supported technically deeper in terms of implementing practicum or courses taught in the campus laboratory area, with this research it is hoped that this server kvm system can be a solution for students and lecturers because it can be accessed freely without having to bump into shortcomings Lab computer specifications and can also be accessed directly by using student computer devices, such as laptops and even tablets both based on Android and IOS. With a centralized system on the server, students and lecturers can access the virtual server simply with npm and password that has been created, no need to repeat from scratch if their virtual machine is deleted or moved computers.

Keywords: Virtualization, KVM, Baremetal, Full Virtualization

Abstrak. Virtualisasi merupakan kebutuhan yang tidak dapat ditolak lagi oleh setiap perusahaan, tidak hanya berskala besar, tetapi juga menengah dan kecil. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan suatu *platform* virtualisasi *server* yang berbasis KVM sebagai sarana pengganti aplikasi virtualisasi berbasis dekstop yang tergolong kedalam jenis full virtualization dirasakan banyak sekali keterbatasan. Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan di atas maka dapat diambil kesimpulan bahwa Sistem Operasi sebagai salah satu mata kuliah yang diajarkan dari bidang ilmu komputer masih bisa di dukung secara teknis lebih dalam dari sisi pelaksanaan praktikum atau mata kuliah yang diajarkan di area laboratorium kampus, dengan penelitian ini diharapkan sistem kvm server ini bisa menjadi solusi bagi mahasiswa maupun dosen karena dapat diakses dengan leluasa tanpa harus terbentur dengan kekurangan spesifikasi komputer lab dan juga bisa diakses langsung dengan menggunakan perangkat komputer mahasiswa, seperti laptop bahkan *tablet* baik yang berbasis *android* maupun IOS. Dengan sistem terpusat di *server*, para mahasiswa dan dosen bisa mengakses *virtual server* cukup dengan npm dan password yang sudah dibuat, tidak perlu lagi mengulang dari awal bila mesin virtual mereka terhapus atau pindah komputer.

Kata Kunci: Virtualisasi, KVM, Baremetal, Virtualisasi Penuh.

How to Cite: Pradana, E. A., Putry, A. A., & Mursidayanti, S. (2023). Rancang Bangun Media Praktikum Mata Kuliah Sistem Operasi Dengan Kernel Virtual Machine Server Terintegrasi Dengan Sistem Akademik. *Indo-MathEdu Intellectuals Journal*, 4 (2), 1237-1248. <http://doi.org/10.54373/imeij.v4i2.273>.

PENDAHULUAN

Virtualisasi merupakan kebutuhan yang tidak dapat ditolak lagi oleh setiap perusahaan, tidak hanya berskala besar, tetapi juga menengah dan kecil. Untuk menuju ke komputasi awan, perusahaan harus melakukan migrasi data center dari bentuk fisik ke bentuk virtual. Virtualisasi data center adalah langkah awal untuk mengadopsi komputasi awan. Untuk skala kecil, penggunaan virtualisasi diprediksi dapat menurunkan konsumsi listrik setidaknya minimal 25%. Sementara untuk skala besar, penghematan energi dapat mencapai 80% (Wahono, 2008, nasional.kompas.com). Perkembangan sistem informasi mendorong perguruan tinggi untuk melakukan langkah - langkah strategis agar berlangsungnya pembelajaran dapat berjalan dengan baik. Transformasi digital merupakan sebuah metamorfosis dari suatu perusahaan atau organisasi yang melibatkan beberapa aspek, mulai dari sumber daya manusia, proses, strategi, dan struktur melalui adopsi teknologi untuk meningkatkan kinerja (Royyana, 2018).

Teknologi komunikasi memungkinkan teknologi untuk menghasilkan perkembangan baru atau memodifikasi perkembangan yang sudah ada proses, budaya, pengalaman belajar mengajar untuk menghadapi perubahan perkembangan dan tuntutan masyarakat (UNESCO, 2023). Kemampuan beradaptasi terhadap perubahan yang super cepat menjadi salah satu kemampuan penting bagi civitas akademika sebagai manusia yang berdaulat, maupun bagi institusi perguruan tinggi (PT). Seperti Institut Bisnis dan Informatika Kesatuan yang telah memanfaatkan sistem informasi untuk aktivitas pembelajaran dan memberikan fasilitas laboratorium komputer.

Laboratorium komputer merupakan fasilitas untuk mahasiswa/i dalam melakukan praktek berbasis komputer, dimana terdiri sejumlah komputer untuk mahasiswa/i umumnya 25 unit dan 1 unit komputer untuk dosen. Saat berlangsungnya pembelajaran praktikum di laboratorium komputer kerap kali mahasiswa/i mengalami kendala atau *trouble* dalam melakukan praktek, sehingga membuat dosen atau pengajar harus mengecek dan membantu satu persatu komputer mahasiswa/i yang terdapat kendala, disisi lain sering terjadi perbedaan antar laboratorium komputer seperti spesifikasi komputer di lab A lebih canggih atau lebih modern dibandingkan dengan lab B, C dan seterusnya, hal ini mengakibatkan dosen memberikan pengajaran yang sedikit banyak berbeda untuk beberapa kelas walaupun dengan mata kuliah yang sama. Untuk menanggulangi masalah tersebut dan lebih efektif serta efisien maka perlu adanya *Platform* virtualisasi baremetal seperti *Proxmox*.

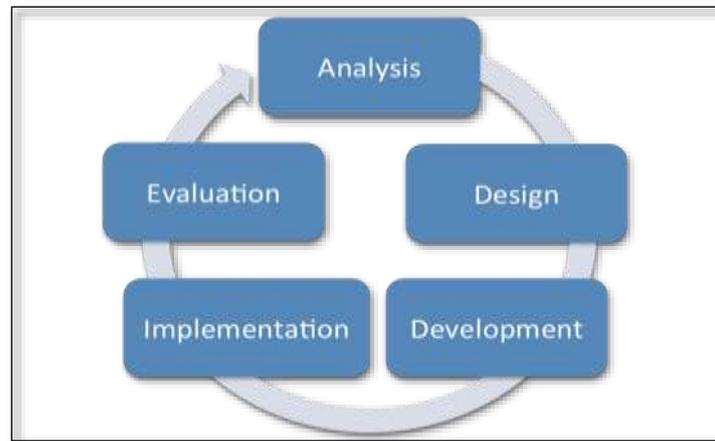
Proxmox adalah sebuah distro Linux virtualisasi berbasis Debian (64 bit) yang mengusung OpenVZ dan KVM. Proxmox memungkinkan untuk melakukan manajemen terpusat dari banyak server fisik. Sebuah Proxmox terdiri dari minimal satu master dan beberapa node

(minimal satu master dan satu node) (Purbo, Onno W, 2012). Dikarenakan kebutuhan organisasi bergantung pada infrastruktur teknologi salah satunya kebutuhan pengembangan server (Sudyana, 2014). *Platform* berbasis web dan menggunakan sumber daya komputer peladen yang sudah dipersiapkan sebagai IAAS (*Infrastructure As A Services*), dengan infrastruktur ini mahasiswa/i yang sedang melakukan praktikum sistem operasi tidak perlu lagi menggunakan sumber daya komputer seperti Central Processing Unit, Read Access Memory, Harddisk Drive/Solid State Drive untuk keperluan praktikum virtualisasi sistem operasi. Penerapan virtualisasi dalam pengembangan kursus dapat memberikan solusi yang mencakup berbagai disiplin ilmu dan menawarkan siswa kemampuan untuk berlatih dan melanjutkan studi mereka di luar kelas. (Pheils, 2012)

METODE

Penelitian ini menggunakan metode penelitian *research and development* (RnD), metode RnD merupakan metode yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu, dan menguji keefektifan produk tersebut (Sugiyono, 2013), Pada awalnya, penelitian dan pengembangan diterapkan pada dunia industri, dan merupakan ujung tombak dari suatu industri dalam menghasilkan produk baru yang dibutuhkan oleh pasar. Hampir 4% biaya digunakan untuk penelitian ini, bahkan untuk bidang-bidang tertentu seperti komputer dan farmasi alokasi biayanya dapat melebihi 4% (Borg and Gall, 1989). Penelitian ini belum banyak berkontribusi pada bidang pendidikan, sosial, peranan metode penelitian ini barulah 1%, hal ini dikemukakan oleh Borg and Gall (1989), *unfortunately, R & D still plays a minor role in education. Less than one percent of education expenditures are for this purpose. This is probably one of the main reasons why progress in education has lagged behind progress in another field.* Penelitian dan pengembangan pendidikan adalah proses yang digunakan untuk mengembangkan dan memvalidasi produk pendidikan. Produk-produk pendidikan yang dihasilkan dapat berupa kurikulum yang spesifik untuk keperluan pendidikan tertentu, metode mengajar, media pendidikan, buku ajar, modul, kompetensi tenaga kependidikan, sistem evaluasi, model uji kompetensi, penataan ruang kelas untuk model pembelajar tertentu, model unit produksi, model manajemen, sistem pembinaan pegawai, sistem penggajian dan lain-lain (Sugiyono:2009). Menurut Sukmadinata (2008) metode penelitian Rnd adalah pendekatan penelitian untuk menghasilkan produk baru atau mungkin penyempurnaan dari produk yang telah ada.

Penelitian ini menggunakan metode RnD dengan model pengembangan *Analysis, Design, Development/Production, Implemetation or Delivery and Evaluation*, model ini dipilih karena akan mengembangkan satu *platform*.



Gambar 1. Metode Pengembangan ADDIE

Tahapan penelitian

- *Analyse:* Pada tahapan ini penulis melakukan pengumpulan data dengan metode wawancara, dengan objek yang disasar adalah para mahasiswa semester 3 dan 5, dimana para mahasiswa ini yang menempuh mata kuliah Sistem Operasi dan Keamanan Informasi, dimana mata kuliah ini membutuhkan perangkat virtualisasi, setelah data terkumpul dilanjutkan ke tahap berikutnya.
- *Design:* Pada tahapan *design* kami mulai merancang alur kerja dan desain dari antarmuka *platform* dan fungsi-fungsi yang akan dibuat. Desain sistem dibuat sebisa mungkin mengakomodir semua kebutuhan mahasiswa dan dosen ketika melakukan praktikum.
- *Development:* Di tahapan pengembangan, sistem yang sudah didesain dibangun dengan menggunakan bahasa pemrograman dan *software open source*, dikarenakan lisensi dan kemudahan penggunaan dan implementasi pada pengembangan software dan distribusi tanpa harus berurusan dengan paten seperti yang dikutip dari GPL v2 “Subject to the terms of this Agreement, each Contributor hereby grants Recipient a non-exclusive, worldwide, royalty-free patent license under Licensed Patents to make, use, sell, offer to sell, import and otherwise transfer the Contribution of such Contributor, if any, in Source Code or other form. This patent license shall apply to the combination of the Contribution and the Program if, at the time the Contribution is added by the Contributor, such addition of the Contribution causes such combination to be covered by the Licensed Patents. The patent license shall not apply to any other combinations which include the Contribution. No hardware per se is licensed hereunder.” (GPL v2,1991). Hal ini tentu saja memudahkan proses pengembangan serta meminimalisir biaya pengembangan.

- *Implementation*: Setelah pengembangan *platform* dirasa sudah hampir cukup, maka perlu dilakukan pengujian atau pengetesan karena Perangkat lunak dalam pengembangannya harus diuji karena proses analisis, perancangan dan pemrogramannya tidak bebas kesalahan (Wibisono, 2002).
- *Evaluation*: Tahapan terakhir adalah evaluasi dari platform, pada tahapan ini kami mengumpulkan umpan balik baik dari internal tim maupun dari publik yang sudah melakukan pengujian, seperti yang dikutip dari Albert Maydiantoro, Tujuan akhir evaluasi yakni mengukur ketercapaian tujuan pengembangan (Maydiantoro).

Metode RnD sebagai metode perancangan *platform* KVM server dan juga mengambil referensi dari penelitian terdahulu, seperti Boldering Student Hands-On Experience Through the Use of Virtualization (Pheils 2012) yang berfokus pada penggunaan virtualisasi untuk pendidikan dan Didik Sudyana, Virtualisasi Server dengan Proxmox untuk Pengoptimalisasian Penggunaan Resource Server pada Upt Teknologi dan Komunikasi Pendidikan, namun penelitian tersebut menitikberatkan pada penggunaan virtualisasi sebagai alternatif infrastruktur TI yang masih fisik di lingkungan UPT Teknologi dan Komunikasi Pendidikan

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan suatu *platform* virtualisasi *server* yang berbasis KVM sebagai sarana pengganti aplikasi virtualisasi berbasis dekstop yang tergolong kedalam jenis full virtualization dirasakan banyak sekali keterbatasan. salah satunya adalah semua perangkat keras diemulasikan, lalu ketika *virtual machine* dinyalakan terjadi penurunan performa di sisi *host* maupun *guest*, selain itu *software full virtualization* hanya beroperasi pada satu unit komputer saja, ketika komputer *host* tidak berfungsi maka komputasi berbasis virtualisasi tidak bisa dijalankan.

HASIL

Sebagai kampus pendidikan tinggi, Institut Bisnis dan Informatika Kesatuan (IBIK) terus mengembangkan diri baik dari sisi keilmuan dan teknologi, terlebih lagi, IBIK memiliki beberapa prodi baru yang sangat berkaitan erat dengan teknologi, diantaranya prodi Sistem Informasi (SI) dan Teknologi Informasi (TI). Hal ini tentu saja membuat daya tarik sebagai salah satu kampus ilmu komputer populer di Kota Bogor, seiring dengan perkembangan akan semakin banyaknya antusias warga Bogor baik kota maupun kabupaten yang mendaftarkan untuk menjadi mahasiswa dan jumlah kelas yang terus berkembang, sumber daya pendukung kegiatan perkuliahan pun harus ditingkatkan sehingga bisa menunjang perkuliahan dengan baik dan memberikan kepuasan baik dari sisi mahasiswa maupun dosen.

Salah satu mata kuliah yang diajarkan adalah mata kuliah sistem operasi, dimana mata kuliah ini memberikan wawasan dan pengetahuan akan sistem operasi baik dari sisi pengetahuan, teknologi, jenis, varian maupun pengetahuan non teknis seperti ideologi, hubungan antar manusia yang terbangun di komunitas pengguna maupun yang bersifat sosial. Mata kuliah sistem operasi juga adalah salah satu mata kuliah wajib. Akan tetapi mata kuliah ini masih belum didukung dengan adanya mata kuliah praktikum yang berbasis lab, disisi lain, teknologi pendukung praktikum yang terkait sistem operasi yakni teknologi virtualisasi masih berbasis Para Virtualization, dimana teknologi ini masih bersifat individu atau personal, hal ini tentu saja kurang sesuai dengan realita di dunia kerja yang rata-rata menggunakan teknologi Bare Metal maupun Cloud Computing.

DISKUSI

Software Virtualisasi

Virtualisasi adalah Sistem fisik yang menjalankan perangkat lunak virtualisasi (hypervisor atau *Virtual Machine Monitor*) disebut host dan mesin virtual yang dipasang di atas hypervisor disebut tamu (**Chirammal, 2016**). Sedangkan menurut IBM yang dikutip dari <https://www.ibm.com/topics/virtualization>, Virtualisasi adalah proses yang memungkinkan pemanfaatan perangkat keras komputer fisik secara lebih efisien dan merupakan dasar dari komputasi awan. Virtualisasi menggunakan perangkat lunak untuk membuat lapisan abstraksi pada perangkat keras komputer yang memungkinkan elemen perangkat keras dari satu komputer—prosesor, memori, penyimpanan, dan lainnya—dibagi menjadi beberapa komputer virtual, yang biasa disebut mesin virtual (VM). Setiap VM menjalankan sistem operasi (OS) sendiri dan berperilaku seperti komputer independen, meskipun VM hanya berjalan pada sebagian dari perangkat keras komputer yang mendasarinya.

Didunia kampus sendiri virtualisasi merupakan salah satu materi yang diajarkan di mata kuliah sistem operasi dan beberapa mata kuliah lainnya, contohnya Organisasi/Arsitektus Komputer, hal ini merupakan bagian dari pengetahuan yang harus diajarkan kepada mahasiswa. Virtualisasi terdiri dari banyak jenis, akan tetapi dalam tulisan ini, pengembangan Rancang Bangun Media Praktikum Mata Kuliah Sistem Operasi dengan KVM Server terintergrasi dengan Sistem Akademik menggunakan virtualisasi jenis baremetal untuk server dan KVM sebagai platform full virtualization.

- **Hypervisor**

Merupakan salah satu tipe perangkat lunak virtualisasi yang berfungsi untuk membuat, menjalankan dan monitoring *virtual machine*, *hypervisor* terdiri dari dua tipe, baremetal dan hosted.

- **Baremetal**

Salah satu tipe dari *Hypervisor* ini adalah *baremetal* dimana jenis hypervisor ini yang didesain untuk langsung berhubungan dengan perangkat keras komputer, perangkat keras divirtualisasikan dan langsung berhubungan dengan VM

- **Hosted**

Adapun tipe dari hypervisor ini berjalan diatas sistem operasi, umumnya tipe ini digunakan untuk keperluan pribadi diatas komputer/laptop pribadi

Laboratorium komputer berbasis perambah

Umumnya praktikum berkaitan dengan komputer khususnya organisasi dan arsitektur komputer dan sistem operasi menggunakan fasilitas laboratorium komputer yang disediakan oleh kampus, laboratorium ini mempunyai banyak kekurangan yang bisa dipenuhi oleh laboratorium berbasis web seperti yang dibahas dalam penelitian ini, contohnya seperti (a) Meminimalisir perbedaan spesifikasi komputer disatu lab dengan lab lainnya, (b) Meminimalisir penyebaran malware, worm, trojan dll, (3) Praktikum mata kuliah bisa terintegrasi langsung dengan sistem akademik seperti Kesatuan Integrated System (KIS), (4) Mengurangi beban komputer dilaboratorium karena hanya menggunakan browser sebagai media penghubung antara brainware yaitu dosen dan mahasiswa dengan KVM server, dan (5) Dosen dan mahasiswa dapat lebih leluasa melakukan praktikum tanpa adanya kekurangan disisi komputer client, karena sudah diakomodir oleh platform KVM Server.

Antarmuka Pengguna dan Pengalaman Pengguna

Antarmuka dan pengalaman pengguna atau yang sering disebut *User Interface*, *User Experience* (UI/UX) adalah bagian dari pengembangan *software* atau aplikasi yang fokus pada tampilan dan keleluasan pengguna, *User Interface* atau pengguna adalah tampilan yang meliputi bentuk, warna yang didesain semenarik mungkin (Aprilia, 2022, niagahostercom). Sedangkan UX (User Experience) adalah proses mendesain untuk mengembangkan kualitas produk berdasarkan human-first approach. Yang perlu diingat adalah, UX bukan tentang desain visual; namun terkait kemudahan, relevansi, dan efisiensi pemakaian suatu produk oleh *user*

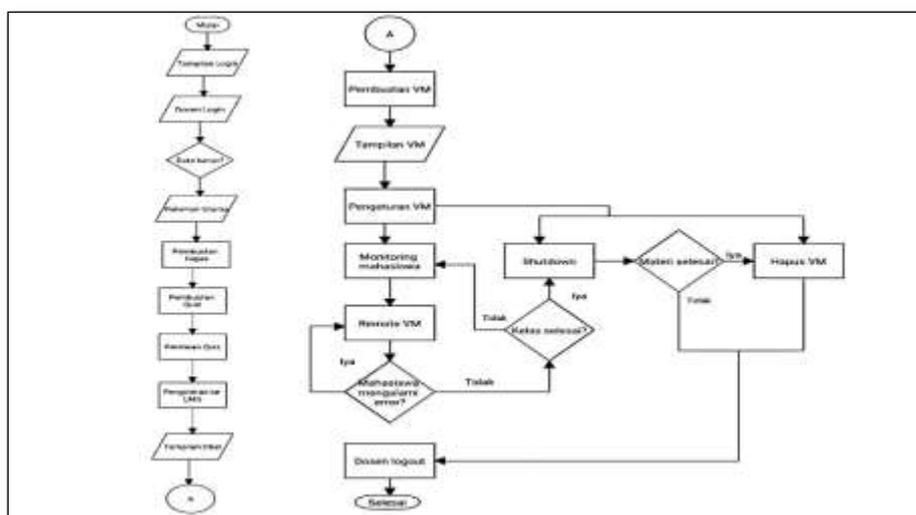
(pengguna produk). Kedua bidang ini berbeda dari fungsi namun keduanya saling mendukung (Suryaningrum. 2021, aksaradata.id).

Pengalaman Pengguna

Platform ini dirancang agar dalam kegiatan perkuliahan dosen dan mahasiswa bisa lebih leluasa berinteraksi dalam praktikum, akan tetapi dalam prosesnya dibagi menjadi dua, sesi dosen dan sesi mahasiswa, seperti yang dijelaskan dibawah ini:

Dosen

- Disesi dosen, dosen dapat mengakses platform dilaman login, kemudian diarahkan ke dashboard, disini dosen bisa melakukan pengajaran awal materi dengan memberikan materi pembuatan Virtual Machine (VM), dilanjutkan ke konfigurasi VM yang disesuaikan dengan materi pertemuan praktikum.
- Pada saat mahasiswa melaksanakan praktikum materi sesuai yang sudah diajarkan oleh mahasiswa, dosen akan bisa melakukan monitoring sehingga praktikum akan terus terlaksana dengan baik.
- Dosen bisa melakukan remote terhadap VM salah satu mahasiswa apabila mahasiswa yang bersangkutan mengalami masalah atau kerusakan pada VM mereka, setelah masalah selesai, dosen akan bisa kembali melakukan monitoring praktikum mahasiswa.
- Setelah materi praktikum selesai, dosen bisa menghapus VM atau hanya mematikan (shutdown) apabila masih akan menyimpan VM untuk materi praktikum selanjutnya, alur seperti yang digambarkan pada gambar 1
- Dosen juga bisa melakukan uji kemampuan siswa dengan membuat quiz dan memberikan nilai hasil uji kemampuan ke LMS/KIS (I-Gadis)



Gambar 2. Flowchart Dosen

(Interaction Design Foundation - IxDF. 2020, September 16)), Dari konsep ilmiah hingga produk, pengguna akhir tidak peduli seberapa pintar pencipta atau perancang sesuatu. Mereka peduli untuk dapat mengambil hasil orang tersebut dan menjadikannya berguna bagi kehidupan mereka sendiri. Semakin sederhana penjelasannya dan semakin sederhana produknya, maka semakin besar kemungkinan keluarannya bermanfaat bagi orang lain (Interaction Design Foundation - IxDF. 2020, September 16). Adapun tampilan dari platform seperti yang ditampilkan dibawah ini.

Halaman Login/Akses Masuk Portal

Halaman ini berfungsi sebagai akses masuk ke *platform*, pengguna yang akan menggunakan *platform* harus mengisi user dan password yang sudah diberikan oleh pihak laboratorium komputer, pada tampilan halaman login terdiri dari beberapa bagian, yaitu (1) Top menu yang terdiri dari nama kampus, avatar login dan (2) Login menu yang terdiri dari form login



Gambar 4. Halaman Login KVM Server

Dashboard/Beranda

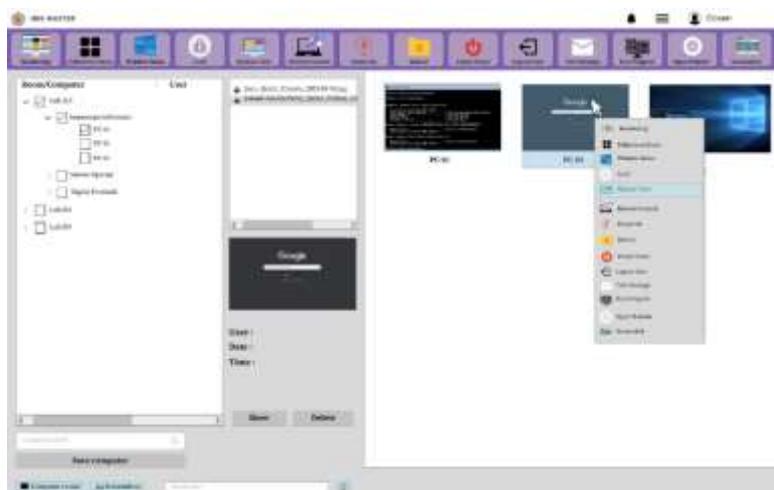
Setelah pengguna melakukan *login*, pengguna kemudian akan diarahkan ke halaman beranda/*dashboard*, halaman ini adalah tampilan awal dari platform KVM server, dari laman ini pengguna bisa mengakses semua menu dan VM yang ada.



Gambar 5. Dashboard/Beranda KVM Server

Menu VM

Pada tampilan ini pengguna dapat berinteraksi dengan menu-menu yang ada, sesuai dengan kebutuhan atau berdasarkan materi yang diberikan oleh dosen atau asisten dosen



Gambar 6. Menu VM KVM Server

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan diatas maka dapat diambil kesimpulan bahwa Sistem Operasi sebagai salah satu mata kuliah yang diajarkan dari bidang ilmu komputer masih bisa di dukung secara teknis lebih dalam dari sisi pelaksanaan praktikum atau mata kuliah yang diajarkan di area laboratorium kampus, dengan penelitian ini diharapkan sistem kvm server ini bisa menjadi solusi bagi mahasiswa maupun dosen karena dapat diakses dengan leluasa tanpa harus terbentur dengan kekurangan spesifikasi komputer lab dan juga bisa diakses langsung dengan menggunakan perangkat komputer mahasiswa, seperti laptop bahkan *tablet* baik yang berbasis *android* maupun IOS.

Dengan sistem terpusat di *server*, para mahasiswa dan dosen bisa mengakses *virtual server* cukup dengan npm dan password yang sudah dibuat, tidak perlu lagi mengulang dari awal bila mesin virtual mereka terhapus atau pindah komputer. Bila ada keterbatasan fasilitas, mahasiswa bisa menggunakan perangkat komputer pribadi mereka, atau bila kegiatan praktikum dilakukan dengan sistem daring, maka dosen dan mahasiswa bisa melaksanakan praktikum tanpa terkendala tempat dan waktu, sistem presensi dan penilaian praktikum mahasiswa/i pun bisa langsung masuk kedalam sistem akademik kampus dikarenakan integrasi dengan sistem akademik kampus yang sudah tersedia.

REFERENSI

- Aprilia, P. (2022). *Mengenal User Interface: Pengertian, Kegunaan, dan Contohnya*. Niaga Hoster.
- Borg, W.R. dan Gall, M.D. (1989). *Educational Research: An Introduction, Fifth Edition*. New York: Longman
- Chiramal, H. D., Mukhedkar, P., & Vettathu, A. (2016). *Mastering KVM Virtualization*. Packt Publisher.
- IBM. (2020) (n.d.). *What is virtualization?* <https://www.ibm.com/Topics/Virtualization>. Interaction Design Foundation - IxDF.
- Pheils, Denise M. (2012). "Bolstering Student Hands-On Experience Through the Use of Virtualization." In *Increasing Student Engagement and Retention Using Immersive Interfaces: Virtual Worlds, Gaming, and Simulation*, Cutting-Edge Technologies in Higher Education, eds. Charles Wankel and Patrick Blessinger. Emerald Group Publishing Limited, 253–82. [https://doi.org/10.1108/S2044-9968\(2012\)000006C012](https://doi.org/10.1108/S2044-9968(2012)000006C012) (October 5, 2023).
- Purbo, Onno W, (2012). *Membuat Sendiri Cloud Computing Server Menggunakan Open Source*, AndiPublisher, Yogyakarta.
- Royanna, A. (2018). "Strategi Transformasi Digital Pada PT. Kimia Farma (Persero) TBK." *Jurnal Sistem Informasi Kesehatan Masyarakat Journal of Information Systems for Public Health* 3(3).
- Sudyana, D., & Ali, E. (2014). Virtualisasi Server dengan Proxmox untuk Pengoptimalisasian Penggunaan Resource Server pada Upt Teknologi dan Komunikasi Pendidikan. *Jurnal SATIN - Sains Dan Teknologi Informasi*, 3(2).
- Sukmadinata, Nana Syaodih. (2008). *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Suryaningrum, F. (2021). *Apa itu UI UX? Pengertian, Perbedaan Utama, dan Fungsinya*. Aksara Data.
- Sugiyono. (2022). *Metode Penelitian Kualitatif*. Alfabeta.
- UNESCO. (2023). *Transformation of education in the digital age*.
- Wahono, Tri. (2008). "Virtualisasi, Bukan Tren Tapi Kebutuhan". Diambil dari: <http://nasional.kompas.com/read/2008/11/19/20165310/Virtualisasi.Bukan.Tren.Tapi.Kebutuhan>