



Implementasi Infrastruktur TI Berbasis Virtualisasi untuk Meningkatkan Efisiensi dan Fleksibilitas Sistem Informasi di SMK Modis Tenjo

Agung Wibawa^{1*}, Habib Nurfaizal², Budianto³

¹⁻³ Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pamulang, Indonesia

Email: dosen03178@unpam.ac.id¹, dosen02807@unpam.ac.id², dosen03140@unpam.ac.id³

*Penulis Korespondensi: dosen03178@unpam.ac.id

Abstract. The development of information technology encourages educational institutions to have IT infrastructure that is efficient, flexible, and capable of optimally supporting information system services. However, the use of separate physical servers often results in low resource utilization, high operational costs, and limitations in system management. This study aims to implement virtualization-based IT infrastructure to improve the efficiency and flexibility of the information system at SMK MODIS Tenjo. The research method used is an experiment with a quantitative approach through a pre-test and post-test design. The research stages include needs analysis, virtualization system design, VMware ESXi implementation, and migration of physical servers to virtual (Physical to Virtual/P2V), as well as testing and evaluating system performance. The research results show that the implementation of virtualisation successfully consolidated 15 physical servers into 3 host servers with several virtual machines without reducing service quality. In addition, CPU utilisation increased from 12% to 75%, operational costs decreased by up to 46%, and server deployment time was reduced from 5 days to less than 2 hours. The implementation of High availability (HA) features also improved system reliability by reducing service recovery time from 3 days to less than 2 hours. Based on these results, virtualisation has proven effective in enhancing the efficiency, flexibility, and reliability of IT infrastructure in the educational environment.

Keywords: High Availability; IT Infrastructure; System Efficiency; Virtualisation; VMware..

Abstrak. Perkembangan teknologi informasi mendorong institusi pendidikan untuk memiliki infrastruktur TI yang efisien, fleksibel, dan mampu mendukung layanan sistem informasi secara optimal. Namun, penggunaan server fisik secara terpisah sering menyebabkan rendahnya pemanfaatan sumber daya, tingginya biaya operasional, serta keterbatasan dalam pengelolaan sistem. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan infrastruktur TI berbasis virtualisasi guna meningkatkan efisiensi dan fleksibilitas sistem informasi di SMK MODIS Tenjo. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen dengan pendekatan kuantitatif melalui desain *pre-test* dan *post-test*. Tahapan penelitian meliputi analisis kebutuhan, perancangan sistem virtualisasi, implementasi VMware ESXi, migrasi server fisik ke virtual (*Physical to Virtual/P2V*), serta pengujian dan evaluasi performa sistem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi virtualisasi berhasil mengkonsolidasikan 15 server fisik menjadi 3 server host dengan beberapa mesin virtual tanpa mengurangi kualitas layanan. Selain itu, utilisasi CPU meningkat dari 12% menjadi 75%, biaya operasional menurun hingga 46%, dan waktu deployment server berkurang dari 5 hari menjadi kurang dari 2 jam. Implementasi fitur *High availability* (HA) juga mampu meningkatkan keandalan sistem dengan menurunkan waktu pemulihan layanan dari 3 hari menjadi kurang dari 2 jam. Berdasarkan hasil tersebut, virtualisasi terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi, fleksibilitas, dan keandalan infrastruktur TI di lingkungan pendidikan.

Kata Kunci: Efisiensi Sistem; Infrastruktur TI; Ketersediaan Tinggi; Virtualisasi; VMware.

1. LATAR BELAKANG

Perkembangan teknologi informasi (*Information Technology/IT*) dalam beberapa tahun terakhir telah mendorong perubahan signifikan dalam cara organisasi mengelola sumber daya komputasi dan layanan digital. Infrastruktur TI yang sebelumnya bersifat statis kini dituntut untuk menjadi lebih dinamis, efisien, dan adaptif terhadap kebutuhan pengguna yang terus berkembang (Martins, 2023). Dalam konteks ini, institusi pendidikan, termasuk sekolah menengah kejuruan, menghadapi tantangan dalam menyediakan sistem informasi yang andal guna mendukung proses pembelajaran, administrasi, dan layanan akademik berbasis digital.

Namun demikian, sebagian besar institusi pendidikan masih menggunakan pendekatan infrastruktur TI tradisional yang berbasis pada server fisik terpisah untuk setiap layanan. Pendekatan ini memiliki sejumlah keterbatasan, antara lain rendahnya tingkat pemanfaatan sumber daya, tingginya biaya operasional, serta kompleksitas dalam pengelolaan sistem (Sanantagraha & Mahadewi, 2024). Studi empiris menunjukkan bahwa tingkat utilisasi server fisik pada organisasi tanpa virtualisasi umumnya berada pada kisaran 10–20%, sehingga sebagian besar kapasitas komputasi tidak dimanfaatkan secara optimal (Friis dkk., 2023). Kondisi ini berdampak langsung pada pemborosan energi, peningkatan biaya pemeliharaan, serta keterbatasan dalam skalabilitas sistem.

Permasalahan tersebut juga terjadi pada SMK MODIS Tenjo, yang mengoperasikan berbagai layanan sistem informasi seperti sistem akademik, *e-learning*, perpustakaan digital, dan layanan administrasi lainnya. Infrastruktur yang digunakan saat ini masih berbasis server fisik terpisah, sehingga menyebabkan inefisiensi dalam penggunaan sumber daya serta keterbatasan dalam fleksibilitas pengelolaan layanan. Selain itu, proses penyediaan Layanan baru memerlukan waktu yang relatif lama karena bergantung pada pengadaan dan konfigurasi perangkat keras secara manual.

Dari sisi keandalan sistem, infrastruktur tradisional juga memiliki kelemahan dalam aspek *availability* dan *disaster recovery*. Ketika terjadi kegagalan pada server fisik, proses pemulihan layanan membutuhkan waktu yang cukup lama, sehingga berpotensi mengganggu aktivitas akademik (Kesa, 2023). Dalam era digitalisasi pendidikan, kebutuhan akan sistem yang selalu tersedia (*high availability*) menjadi semakin penting.

Sebagai solusi atas permasalahan tersebut, teknologi virtualisasi menawarkan pendekatan yang lebih efisien dan fleksibel dalam pengelolaan infrastruktur TI. Virtualisasi memungkinkan abstraksi antara perangkat keras dan perangkat lunak sehingga satu server fisik dapat menjalankan beberapa mesin virtual secara bersamaan (Putra dkk., 2025). Dengan demikian, organisasi dapat meningkatkan tingkat utilisasi sumber daya, mengurangi jumlah perangkat keras yang digunakan, serta menyederhanakan proses manajemen sistem.

Penelitian terkini menunjukkan bahwa penerapan virtualisasi mampu meningkatkan pemanfaatan server hingga lebih dari 70% serta menurunkan total biaya operasional secara signifikan (Ramadhan dkk., 2026). Selain itu, virtualisasi juga memberikan keuntungan dalam hal fleksibilitas, seperti kemudahan dalam penyediaan layanan baru, skalabilitas dinamis, serta peningkatan keamanan melalui isolasi sistem (Ramadhan dkk., 2026). Teknologi ini juga mendukung implementasi fitur *high availability* dan *live migration* yang memungkinkan sistem tetap berjalan meskipun terjadi gangguan pada perangkat keras (Attar Khorasani dkk., 2026).

Berdasarkan hasil observasi awal di SMK MODIS Tenjo, infrastruktur teknologi informasi masih mengandalkan lima belas server fisik yang masing-masing menjalankan satu layanan secara terpisah. Kondisi tersebut menyebabkan utilisasi sumber daya komputasi berada pada kisaran 10–20%, sementara sebagian besar kapasitas CPU dan memori tidak dimanfaatkan secara optimal. Selain itu, proses penyediaan layanan baru masih memerlukan instalasi perangkat keras baru sehingga waktu implementasi relatif lama. Apabila terjadi kerusakan pada salah satu server, layanan akademik, *e-learning*, maupun administrasi sekolah harus dihentikan hingga proses pemulihan selesai. Permasalahan tersebut menunjukkan bahwa efisiensi penggunaan sumber daya, fleksibilitas pengelolaan layanan, dan kontinuitas sistem masih menjadi tantangan utama yang memerlukan solusi melalui implementasi virtualisasi.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan infrastruktur TI berbasis virtualisasi di SMK MODIS Tenjo guna meningkatkan efisiensi dan fleksibilitas sistem informasi. Pendekatan yang digunakan melibatkan perancangan arsitektur virtualisasi, implementasi menggunakan platform *hypervisor*, serta evaluasi kinerja sistem sebelum dan sesudah penerapan virtualisasi.

Rumusan masalah dalam penelitian ini difokuskan pada beberapa aspek utama, yaitu: (1) bagaimana merancang infrastruktur virtualisasi yang optimal untuk meningkatkan efisiensi sumber daya, (2) bagaimana virtualisasi dapat menurunkan biaya operasional, (3) bagaimana meningkatkan fleksibilitas dalam pengelolaan sistem informasi, serta (4) bagaimana mengukur peningkatan kinerja sistem setelah implementasi virtualisasi.

Adapun solusi yang ditawarkan dalam penelitian ini adalah penerapan teknologi virtualisasi berbasis *hypervisor* dengan pendekatan konsolidasi server, manajemen terpusat, serta penerapan mekanisme *high availability*. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan indikator kinerja utama seperti utilisasi sumber daya, waktu penyediaan layanan, serta efisiensi biaya operasional.

2. KAJIAN TEORITIS

Transformasi digital telah mengubah paradigma pengelolaan teknologi informasi pada berbagai organisasi, termasuk institusi pendidikan. Infrastruktur teknologi informasi (TI) tidak lagi dipandang sebagai sekumpulan perangkat keras dan perangkat lunak yang berdiri sendiri, melainkan sebagai suatu ekosistem yang saling terintegrasi dalam mendukung penyelenggaraan layanan digital secara efektif, efisien, dan berkelanjutan. Perkembangan teknologi informasi mendorong organisasi untuk membangun infrastruktur yang lebih dinamis, adaptif, dan mampu mengakomodasi perubahan kebutuhan layanan secara cepat (Martins,

2023). Infrastruktur TI berperan sebagai fondasi utama yang menyediakan sumber daya komputasi bagi seluruh aplikasi dan layanan organisasi sehingga kualitas infrastruktur akan menentukan kinerja, keandalan, dan keberlangsungan sistem informasi yang dioperasikan.

Dalam lingkungan pendidikan, keberadaan infrastruktur TI menjadi semakin penting seiring meningkatnya pemanfaatan sistem informasi akademik, *e-learning*, perpustakaan digital, administrasi berbasis elektronik, hingga laboratorium pembelajaran berbasis teknologi. Ketersediaan infrastruktur yang andal tidak hanya mendukung efektivitas proses administrasi, tetapi juga menjadi faktor strategis dalam menunjang proses pembelajaran yang berorientasi pada transformasi digital. Namun demikian, banyak institusi pendidikan masih menggunakan pendekatan konvensional dengan memanfaatkan server fisik secara terpisah untuk setiap layanan. Pendekatan tersebut menyebabkan rendahnya tingkat utilisasi sumber daya komputasi, meningkatnya konsumsi energi, tingginya biaya operasional, serta kompleksitas dalam proses pengelolaan sistem. tingkat utilisasi server fisik pada organisasi yang belum menerapkan virtualisasi umumnya hanya berkisar antara 10–20% (Friis dkk., 2023), sehingga sebagian besar kapasitas perangkat keras tidak dimanfaatkan secara optimal. Kondisi tersebut mengakibatkan pemborosan energi, meningkatnya kebutuhan pendinginan, dan tingginya biaya pemeliharaan infrastruktur. Temuan tersebut diperkuat dalam pernyataan bahwa infrastruktur konvensional masih menghadapi berbagai kendala dalam meningkatkan efisiensi operasional akibat rendahnya optimalisasi penggunaan sumber daya perangkat keras (Sanantagraha & Mahadewi, 2024).

Perkembangan teknologi virtualisasi menjadi salah satu solusi utama dalam mengatasi berbagai keterbatasan tersebut. Virtualisasi merupakan teknologi yang memungkinkan abstraksi antara perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*), sehingga beberapa sistem operasi maupun aplikasi dapat dijalankan secara bersamaan pada satu perangkat keras fisik melalui mesin virtual (*virtual machine*). Teknologi ini memungkinkan pemanfaatan sumber daya komputasi dilakukan secara lebih optimal tanpa harus menambah jumlah perangkat keras. Menurut VMware, virtualisasi merupakan proses pembentukan representasi virtual terhadap server, media penyimpanan, jaringan, maupun sistem operasi sehingga seluruh sumber daya fisik dapat dimanfaatkan secara lebih efisien. Melalui mekanisme tersebut, organisasi dapat melakukan konsolidasi server (*server consolidation*), mengurangi jumlah perangkat keras, meningkatkan utilisasi sumber daya, serta menyederhanakan pengelolaan infrastruktur teknologi informasi.

Implementasi virtualisasi tidak dapat dipisahkan dari keberadaan *hypervisor*, yaitu perangkat lunak yang bertugas mengelola mesin virtual dan mengalokasikan sumber daya perangkat keras kepada setiap *virtual machine*. *Hypervisor* memungkinkan setiap mesin virtual menjalankan sistem operasi dan aplikasi secara independen meskipun berada pada perangkat keras fisik yang sama. Secara umum, *hypervisor* dibedakan menjadi *Type 1 Hypervisor (bare-metal)* yang berjalan langsung di atas perangkat keras dan *Type 2 Hypervisor (hosted)* yang dijalankan melalui sistem operasi. Penelitian ini menggunakan VMware ESXi yang termasuk dalam kategori *Type 1 Hypervisor* karena memiliki tingkat efisiensi, stabilitas, keamanan, dan performa yang lebih tinggi dibandingkan *hypervisor* berbasis *hosted*. VMware ESXi juga menyediakan berbagai fitur penting, seperti *resource scheduling*, *snapshot*, *live migration*, *resource allocation*, serta *High availability* yang mendukung pengelolaan infrastruktur secara terpusat dan lebih fleksibel.

Perkembangan penelitian terbaru menunjukkan bahwa pengelolaan virtual machine tidak lagi hanya berfokus pada proses virtualisasi, tetapi juga pada mekanisme *virtual machine consolidation* untuk meningkatkan utilisasi sumber daya, mengurangi konsumsi energi, serta mengoptimalkan penempatan mesin virtual pada pusat data cloud. Pendekatan ini menjadi salah satu strategi utama dalam modernisasi infrastruktur berbasis virtualisasi (Rozekhani dkk., 2025).

Salah satu tujuan utama implementasi virtualisasi adalah meningkatkan efisiensi infrastruktur TI. Efisiensi menggambarkan kemampuan sistem dalam memanfaatkan sumber daya secara optimal untuk menghasilkan kinerja yang maksimal dengan penggunaan biaya seminimal mungkin. Pada lingkungan server konvensional, setiap layanan biasanya ditempatkan pada satu server fisik sehingga sebagian besar kapasitas CPU, memori, maupun media penyimpanan tidak dimanfaatkan secara maksimal. Virtualisasi memungkinkan beberapa layanan dijalankan secara bersamaan dalam satu server fisik melalui mekanisme konsolidasi, sehingga utilisasi sumber daya meningkat secara signifikan. Virtualisasi mampu meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya komputasi melalui optimalisasi utilisasi perangkat keras sekaligus mengurangi pemborosan kapasitas server (Sofiah dkk., 2026). Implementasi virtualisasi dapat meningkatkan utilisasi server hingga lebih dari 70% serta memberikan dampak nyata terhadap penurunan biaya operasional melalui pengurangan konsumsi energi, kebutuhan pendinginan, dan biaya pemeliharaan perangkat keras (Ramadhan dkk., 2026). Selain meningkatkan utilisasi perangkat keras, konsolidasi virtual machine juga terbukti mampu menurunkan konsumsi energi pusat data sehingga efisiensi operasional dapat ditingkatkan secara berkelanjutan (Han dkk., 2025). Penelitian terbaru menunjukkan bahwa

strategi konsolidasi mesin virtual berbasis optimasi mampu meningkatkan efisiensi pemanfaatan CPU dan memori melalui penempatan virtual machine secara adaptif sesuai beban kerja (Maiyza dkk., 2025).

Selain meningkatkan efisiensi, virtualisasi juga berkontribusi terhadap peningkatan fleksibilitas sistem informasi. Fleksibilitas menunjukkan kemampuan sistem dalam menyesuaikan diri terhadap perubahan kebutuhan organisasi melalui proses penyediaan layanan, pengembangan aplikasi, maupun penambahan kapasitas sumber daya secara cepat. Dalam lingkungan virtualisasi, administrator dapat melakukan *deployment*, *cloning*, *snapshot*, maupun migrasi mesin virtual tanpa harus melakukan pengadaan perangkat keras baru. Dengan demikian, proses penyediaan layanan baru menjadi jauh lebih cepat dibandingkan infrastruktur konvensional. Pendekatan modern dalam pengelolaan infrastruktur cloud juga mengintegrasikan teknik optimasi berbasis kecerdasan buatan untuk meningkatkan efisiensi penempatan virtual machine tanpa mengurangi performa Layanan (P. Zhang dkk., 2025). Penerapan virtualisasi memberikan peningkatan yang signifikan terhadap efisiensi pengelolaan teknologi informasi sekaligus meningkatkan fleksibilitas institusi pendidikan dalam menyediakan layanan digital (Koroma dkk., 2025). Virtualisasi merupakan fondasi penting dalam pengembangan platform pendidikan digital yang membutuhkan kemampuan skalabilitas dan adaptabilitas tinggi terhadap perubahan kebutuhan pengguna (Y. Zhang dkk., 2025).

Keunggulan lain dari virtualisasi terletak pada kemampuannya dalam meningkatkan keandalan (*reliability*) dan ketersediaan layanan (*availability*). Infrastruktur virtual memungkinkan implementasi *High availability* (HA), yaitu mekanisme yang memungkinkan mesin virtual berpindah atau dijalankan kembali secara otomatis pada host lain ketika terjadi kegagalan perangkat keras. Penerapan mekanisme tersebut mampu meminimalkan *downtime* sehingga kontinuitas layanan dapat tetap dipertahankan. Teknologi *live migration* memungkinkan perpindahan mesin virtual antarhost tanpa menghentikan layanan yang sedang berjalan sehingga aktivitas operasional organisasi tidak terganggu (Attar Khorasani dkk., 2026). Penerapan strategi *disaster recovery* berbasis virtualisasi mampu mempercepat proses pemulihan sistem dan meningkatkan ketahanan infrastruktur terhadap gangguan operasional (Kesa, 2023).

Penerapan virtualisasi juga memberikan manfaat strategis bagi institusi pendidikan vokasi karena mampu mendukung penyelenggaraan pembelajaran berbasis laboratorium virtual. Virtualisasi menciptakan lingkungan pembelajaran yang lebih fleksibel, terstandarisasi, dan mudah direplikasi sehingga sangat sesuai digunakan pada pendidikan berbasis teknologi informasi (Bulhakova, 2025). Laboratorium virtual mampu meningkatkan efektivitas

pembelajaran praktik melalui penyediaan lingkungan simulasi yang interaktif (Sukardjo dkk., 2023). Penelitian lain juga menunjukkan bahwa pemanfaatan laboratorium virtual meningkatkan aksesibilitas, fleksibilitas, serta efektivitas pembelajaran vokasi (Kolodii dkk., 2025). Pembelajaran jarak jauh dan transformasi digital pendidikan menjadi terfasilitasi dengan baik (Oktageri dkk., 2025). Dibuktikan dengan implementasi *virtual desktop* mampu meningkatkan akses terhadap perangkat lunak pembelajaran sekaligus meningkatkan retensi dan hasil belajar mahasiswa (Rosener dkk., 2025).

Berbagai penelitian terdahulu menunjukkan konsistensi mengenai efektivitas implementasi virtualisasi dalam meningkatkan efisiensi dan kualitas layanan teknologi informasi. Melalui *systematic review* menyimpulkan bahwa virtualisasi berhasil meningkatkan utilisasi sumber daya, menurunkan kebutuhan perangkat keras, serta mendukung skalabilitas layanan pada institusi Pendidikan (Tokhayeva dkk., 2026). Pada konteks pendidikan di Indonesia, menunjukkan bahwa implementasi virtualisasi berhasil mengonsolidasikan dua belas server fisik menjadi tiga host, meningkatkan utilisasi CPU, menurunkan biaya operasional hingga sekitar 45%, serta mempercepat *recovery time* secara signifikan (Rido dkk., 2026). Temuan serupa menunjukkan bahwa VMware ESXi mampu mendukung pengembangan laboratorium jaringan yang lebih skalabel, efisien, dan mudah dikelola (Savujivanov dkk., 2025).

Berdasarkan sintesis berbagai teori dan hasil penelitian terdahulu tersebut dapat dipahami bahwa virtualisasi merupakan pendekatan strategis dalam modernisasi infrastruktur teknologi informasi karena mampu mengintegrasikan aspek efisiensi pemanfaatan sumber daya, fleksibilitas pengelolaan sistem, serta peningkatan keandalan layanan dalam satu lingkungan komputasi yang terpusat. Oleh karena itu, penelitian ini mengimplementasikan VMware ESXi sebagai platform virtualisasi melalui pendekatan konsolidasi server, migrasi *Physical to Virtual* (P2V), dan penerapan *High availability* untuk menganalisis peningkatan efisiensi penggunaan sumber daya, fleksibilitas pengelolaan sistem, serta keandalan infrastruktur teknologi informasi di SMK MODIS Tenjo. Kajian teoretis ini menjadi landasan konseptual dalam menjelaskan hubungan antara implementasi virtualisasi dengan peningkatan kinerja infrastruktur teknologi informasi pada lingkungan pendidikan vokasi.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen melalui desain pre-test dan post-test untuk mengevaluasi pengaruh implementasi infrastruktur teknologi informasi berbasis virtualisasi terhadap efisiensi dan fleksibilitas sistem informasi di SMK MODIS Tenjo. Desain ini memungkinkan perbandingan kondisi infrastruktur sebelum

dan sesudah penerapan virtualisasi sehingga perubahan kinerja sistem dapat diukur secara objektif. Pendekatan eksperimen banyak digunakan dalam penelitian implementasi virtualisasi untuk mengukur peningkatan efisiensi penggunaan sumber daya dan kinerja infrastruktur (Tokhayeva dkk., 2026).

Infrastruktur virtualisasi dibangun menggunakan VMware ESXi sebagai *hypervisor* tipe *bare-metal* yang dipasang pada tiga server host. Seluruh host diintegrasikan melalui VMware vCenter Server sehingga proses manajemen virtual machine dilakukan secara terpusat. Penyimpanan menggunakan shared storage yang dapat diakses seluruh host sehingga mendukung implementasi *High availability* (HA). Setiap layanan sistem informasi seperti server akademik, *e-learning*, website sekolah, *database*, *file server*, DNS, DHCP, dan perpustakaan digital dimigrasikan menggunakan metode *Physical to Virtual* (P2V). Konfigurasi jaringan virtual memanfaatkan *Virtual Switch* (vSwitch) dan VLAN untuk memisahkan lalu lintas jaringan administrasi, manajemen, dan layanan pengguna sehingga keamanan dan performa sistem tetap terjaga.

Objek penelitian adalah seluruh infrastruktur server di SMK MODIS Tenjo yang mendukung layanan sistem akademik, *e-learning*, website, perpustakaan digital, *file server*, dan laboratorium komputer. Penelitian menggunakan total sampling, yaitu seluruh 15 server fisik dijadikan objek penelitian dan dikonsolidasikan menjadi lingkungan virtual menggunakan VMware ESXi melalui proses *Physical to Virtual* (P2V) serta penerapan fitur *High availability*.

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi, wawancara, dokumentasi, dan monitoring performa sistem sebelum serta sesudah implementasi virtualisasi. Parameter yang diukur meliputi utilisasi CPU, memori, media penyimpanan, biaya operasional, waktu *deployment*, waktu pemulihan layanan (*recovery time*), kemampuan skalabilitas, dan waktu respons aplikasi. Instrumen penelitian telah memenuhi validitas isi dan digunakan secara konsisten sehingga menghasilkan data yang reliabel.

Data dianalisis menggunakan analisis deskriptif kuantitatif dengan membandingkan seluruh indikator kinerja sebelum dan sesudah implementasi virtualisasi. Hasil analisis digunakan untuk mengevaluasi efektivitas penerapan VMware ESXi dalam meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya, fleksibilitas pengelolaan sistem, dan keandalan infrastruktur teknologi informasi di SMK MODIS Tenjo, sebagaimana pendekatan yang digunakan oleh Ramadhan dkk. (2026) dan Rido dkk. (2026).

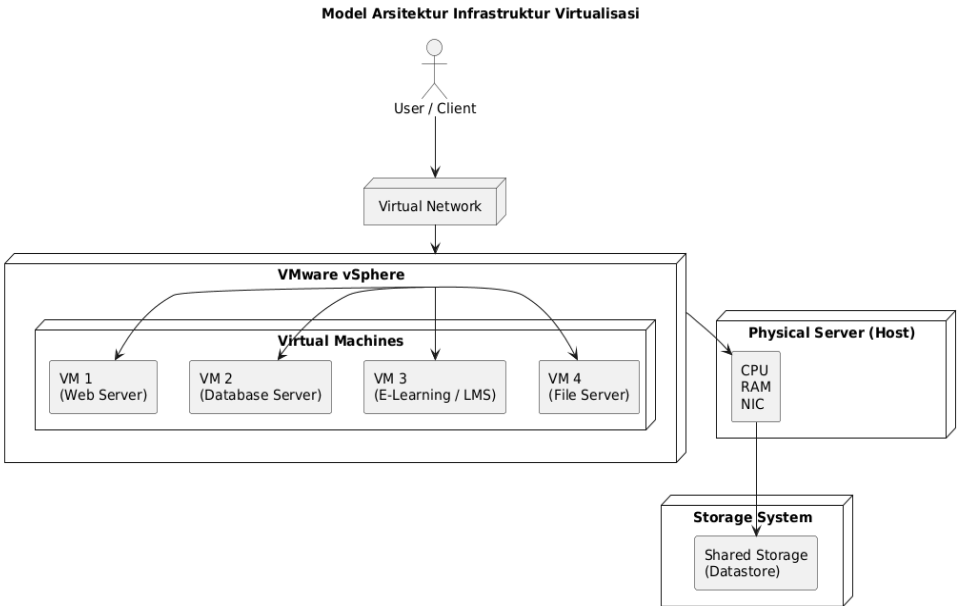
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilaksanakan di SMK MODIS Tenjo dengan objek penelitian berupa infrastruktur teknologi informasi yang mendukung layanan sistem akademik, *e-learning*, website sekolah, perpustakaan digital, *file server*, serta laboratorium komputer. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi, wawancara, dokumentasi, dan pemantauan performa sistem sebelum serta sesudah implementasi virtualisasi. Implementasi dilakukan menggunakan VMware ESXi melalui proses *Physical to Virtual* (P2V), konsolidasi server, serta konfigurasi *High availability* (HA). Seluruh tahapan dilakukan secara bertahap untuk memastikan setiap layanan tetap berjalan selama proses migrasi berlangsung. Setelah implementasi selesai, seluruh mesin virtual dikelola secara terpusat menggunakan vCenter Server, sehingga administrator dapat melakukan pemantauan, pengelolaan sumber daya, dan pengendalian sistem secara lebih efektif.

Implementasi Infrastruktur Virtualisasi

Implementasi virtualisasi diawali dengan analisis kondisi infrastruktur eksisting yang masih menggunakan lima belas server fisik untuk menjalankan berbagai layanan sistem informasi sekolah. Kondisi tersebut menyebabkan utilisasi sumber daya relatif rendah karena setiap server hanya menjalankan satu layanan. Untuk meningkatkan efisiensi, dilakukan proses konsolidasi server melalui migrasi *Physical to Virtual* (P2V), sehingga seluruh layanan dipindahkan ke lingkungan virtual berbasis VMware ESXi.

Arsitektur hasil implementasi ditunjukkan pada Gambar 1. Setelah migrasi selesai, seluruh layanan berhasil diintegrasikan ke dalam tiga server host yang menjalankan dua belas mesin virtual dan dikelola menggunakan vCenter Server. Selain memudahkan pengelolaan secara terpusat, konfigurasi ini juga memungkinkan alokasi CPU, memori, dan penyimpanan dilakukan secara dinamis sesuai kebutuhan masing-masing layanan. Aktivasi fitur *High availability* (HA) dan *resource scheduling* semakin meningkatkan keandalan sistem karena mesin virtual dapat dipindahkan secara otomatis ketika terjadi gangguan pada salah satu host. Hasil tersebut menunjukkan bahwa virtualisasi mampu menyederhanakan arsitektur infrastruktur tanpa mengurangi kualitas layanan yang diberikan kepada pengguna. Temuan ini mendukung pendapat Martins (2023) bahwa modernisasi infrastruktur TI berorientasi pada peningkatan efisiensi, fleksibilitas, dan kemudahan pengelolaan layanan digital.



Gambar 1. Arsitektur Infrastruktur Virtualisasi VMware ESXi.

Efisiensi Pemanfaatan Sumber Daya Infrastruktur

Keberhasilan implementasi virtualisasi terlihat dari hasil konsolidasi server sebagaimana disajikan pada Tabel 1. Sebanyak lima belas server fisik berhasil dikonsolidasikan menjadi tiga server host yang menjalankan dua belas mesin virtual tanpa mengurangi jumlah layanan sistem informasi yang tersedia. Konsolidasi tersebut menunjukkan bahwa beberapa layanan dapat dijalankan secara bersamaan dalam satu perangkat keras fisik sehingga pemanfaatan sumber daya menjadi lebih optimal. Pengurangan jumlah server fisik juga berdampak pada berkurangnya kebutuhan ruang, konsumsi listrik, dan biaya pemeliharaan infrastruktur.

Tabel 1. Hasil Konsolidasi Infrastruktur Server

Parameter	Sebelum	Sesudah
Server Fisik	15 Server	3 Host
Mesin Virtual	-	12 VM
Layanan Sistem	15	15

Peningkatan efisiensi juga ditunjukkan melalui hasil pengukuran utilisasi sumber daya. Sebelum implementasi, rata-rata utilisasi CPU hanya mencapai 12%, utilisasi memori sebesar 20%, dan utilisasi media penyimpanan sebesar 35%. Setelah virtualisasi diterapkan, utilisasi CPU meningkat menjadi 75%, memori menjadi 70%, sedangkan utilisasi penyimpanan mencapai 80% sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa virtualisasi berhasil mengoptimalkan kapasitas perangkat keras yang sebelumnya tidak dimanfaatkan secara maksimal. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang menunjukkan bahwa *virtual machine consolidation* mampu meningkatkan utilisasi sumber

daya sekaligus mengurangi kebutuhan server fisik dan konsumsi energi (Lambert dkk., 2026). Kondisi ini juga sejalan dengan penelitian Friis dkk. (2023) yang menyatakan bahwa server fisik umumnya memiliki tingkat utilisasi rendah sehingga diperlukan mekanisme konsolidasi untuk meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya. Temuan ini juga memperkuat hasil penelitian Sofiah dkk. (2025) dan Ramadhan dkk. (2026) yang menunjukkan bahwa virtualisasi mampu meningkatkan utilisasi server sekaligus menurunkan biaya operasional melalui pengurangan jumlah perangkat keras.

Tabel 2. Perbandingan Utilisasi Infrastruktur.

Parameter	Sebelum	Sesudah
CPU	12%	75%
Memori	20%	70%
Storage	35%	80%

Analisis Perbandingan Sebelum dan Sesudah Implementasi

Tabel 3. Perbandingan Proses Implementasi.

Indikator	Sebelum	Sesudah	Perubahan
CPU	12%	75%	+63%
Memori	20%	70%	+50%
Storage	35%	80%	+45%
Deployment	5 hari	<2 jam	98% lebih cepat
Recovery	3 hari	<2 jam	97% lebih cepat
Server Fisik	15	3	turun 80%

Hasil perbandingan menunjukkan bahwa implementasi virtualisasi memberikan peningkatan yang signifikan terhadap efisiensi pemanfaatan sumber daya. Utilisasi CPU meningkat sebesar 63 poin persentase, sedangkan utilisasi memori dan media penyimpanan masing-masing meningkat sebesar 50 dan 45 poin persentase. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa kapasitas perangkat keras yang sebelumnya tidak termanfaatkan dapat digunakan secara lebih optimal melalui mekanisme konsolidasi server. Dari sisi operasional, waktu penyediaan layanan baru mengalami penurunan drastis dari lima hari menjadi kurang dari dua jam karena administrator tidak lagi bergantung pada pengadaan server fisik. Selain itu, penerapan fitur *High availability* mampu mempercepat proses pemulihan layanan ketika terjadi gangguan sehingga kontinuitas sistem dapat dipertahankan.

Peningkatan Fleksibilitas dan Keandalan Sistem

Selain meningkatkan efisiensi, implementasi virtualisasi juga memberikan peningkatan terhadap fleksibilitas pengelolaan sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa waktu penyediaan server baru yang sebelumnya membutuhkan sekitar lima hari dapat dipersingkat menjadi kurang dari dua jam melalui penyediaan mesin virtual. Penambahan kapasitas sistem

juga menjadi lebih mudah karena administrator hanya perlu mengalokasikan sumber daya yang tersedia tanpa melakukan pengadaan perangkat keras baru. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa virtualisasi mampu meningkatkan kemampuan sistem dalam menyesuaikan diri terhadap perubahan kebutuhan layanan secara cepat. Temuan ini sesuai dengan penelitian Koroma dkk. (2025) dan Zhang dkk. (2025) yang menjelaskan bahwa virtualisasi meningkatkan fleksibilitas dan skalabilitas infrastruktur teknologi informasi.

Dari aspek keandalan, implementasi fitur *High availability* memberikan dampak yang signifikan terhadap kontinuitas layanan. Waktu pemulihan (*recovery time*) yang sebelumnya mencapai tiga hari berhasil dikurangi menjadi kurang dari dua jam melalui mekanisme *automatic failover*. Selain itu, hasil pengujian aplikasi menunjukkan penurunan waktu respons pada sistem akademik, *e-learning*, dan website sekolah setelah virtualisasi diterapkan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa virtualisasi tidak hanya meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya, tetapi juga memperbaiki kualitas layanan yang diterima pengguna. Temuan ini konsisten dengan penelitian Attar Khorasani dkk. (2026) mengenai efektivitas *live migration* dan *High availability*, serta penelitian Rido dkk. (2026) yang membuktikan bahwa implementasi VMware ESXi mampu meningkatkan keandalan layanan sistem informasi pada institusi pendidikan.

Dari aspek fleksibilitas, virtualisasi memungkinkan administrator melakukan *provisioning* mesin virtual, *cloning*, *snapshot*, dan *resource allocation* secara dinamis tanpa mengganggu layanan yang sedang berjalan. Kemampuan tersebut memberikan keuntungan signifikan bagi institusi pendidikan karena penambahan layanan pembelajaran digital dapat dilakukan dalam waktu singkat. Dengan demikian, virtualisasi tidak hanya meningkatkan efisiensi penggunaan perangkat keras, tetapi juga meningkatkan agility infrastruktur dalam menyesuaikan kebutuhan organisasi.

Implikasi Penelitian

Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi virtualisasi berbasis VMware ESXi memberikan implikasi teoritis dan praktis. Dari sisi teoritis, penelitian ini memperkuat konsep bahwa virtualisasi merupakan strategi yang efektif dalam meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya, fleksibilitas pengelolaan sistem, dan keandalan infrastruktur teknologi informasi melalui konsolidasi server. Dari sisi praktis, hasil penelitian memberikan alternatif bagi institusi pendidikan dalam mengembangkan infrastruktur TI yang lebih efisien dengan biaya operasional yang lebih rendah. Penerapan virtualisasi juga mendukung transformasi digital

sekolah melalui penyediaan layanan yang lebih stabil, mudah dikembangkan, dan mampu beradaptasi terhadap peningkatan kebutuhan pengguna di masa mendatang.

Secara praktis, implementasi virtualisasi dapat dijadikan model pengembangan infrastruktur teknologi informasi bagi sekolah menengah maupun perguruan tinggi yang memiliki keterbatasan anggaran namun membutuhkan layanan digital yang andal. Pengurangan jumlah server fisik berimplikasi pada penurunan konsumsi listrik, biaya pendinginan, dan biaya pemeliharaan sehingga investasi infrastruktur menjadi lebih efisien. Selain itu, kemampuan *High availability* dan manajemen terpusat meningkatkan kontinuitas layanan akademik yang sangat penting dalam mendukung transformasi digital institusi pendidikan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Implementasi infrastruktur teknologi informasi berbasis virtualisasi menggunakan VMware ESXi di SMK MODIS Tenjo terbukti mampu mencapai tujuan penelitian, yaitu meningkatkan efisiensi dan fleksibilitas sistem informasi melalui optimalisasi pemanfaatan sumber daya komputasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses konsolidasi berhasil mengintegrasikan 15 server fisik menjadi 3 server host yang menjalankan 12 mesin virtual tanpa menurunkan kualitas layanan. Penerapan virtualisasi meningkatkan utilisasi CPU dari 12% menjadi 75%, utilisasi memori dari 20% menjadi 70%, serta utilisasi media penyimpanan dari 35% menjadi 80%. Selain itu, implementasi virtualisasi menurunkan biaya operasional sekitar 46%, mempercepat waktu *deployment* server dari lima hari menjadi kurang dari dua jam, serta mengurangi waktu pemulihan layanan (*recovery time*) dari tiga hari menjadi kurang dari dua jam melalui penerapan fitur *High availability*. Temuan tersebut menunjukkan bahwa virtualisasi tidak hanya meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya dan efektivitas pengelolaan infrastruktur, tetapi juga memperkuat skalabilitas, keandalan, dan kontinuitas layanan sistem informasi pada lingkungan pendidikan vokasi.

Meskipun memberikan hasil yang positif, penelitian ini memiliki keterbatasan karena implementasi dan evaluasi hanya dilakukan pada satu institusi pendidikan dengan ruang lingkup infrastruktur yang relatif terbatas serta berfokus pada indikator teknis dan operasional setelah migrasi *Physical to Virtual* (P2V). Oleh karena itu, hasil penelitian ini perlu diinterpretasikan secara hati-hati apabila akan digeneralisasikan pada institusi dengan karakteristik infrastruktur, kapasitas layanan, dan kebutuhan operasional yang berbeda. Ke depan, institusi disarankan untuk mengembangkan implementasi virtualisasi melalui integrasi teknologi *hybrid cloud*, *containerization*, sistem *backup* dan *disaster recovery* yang lebih

komprehensif, serta penguatan aspek keamanan siber dan otomatisasi pengelolaan infrastruktur. Penelitian selanjutnya juga direkomendasikan untuk melibatkan objek penelitian yang lebih beragam, periode observasi yang lebih panjang, serta analisis terhadap aspek kinerja jaringan, konsumsi energi, dan biaya kepemilikan total (*total cost of ownership*) agar diperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai dampak jangka panjang implementasi virtualisasi pada institusi pendidikan.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa virtualisasi tidak hanya meningkatkan indikator teknis berupa utilisasi sumber daya dan kecepatan layanan, tetapi juga menjadi strategi berkelanjutan dalam mendukung transformasi digital institusi pendidikan melalui pengelolaan infrastruktur yang lebih efisien, adaptif, dan mudah dikembangkan pada masa mendatang.

DAFTAR REFERENSI

- Attar Khorasani, S., Sherpa, L., Lieber, M., & Ghiasvand, S. (2026). Seamless Transitions: A Comprehensive Review of Live Migration Technologies. *J Cloud Comp: Journal of Cloud Computing*, 15(1), 42. <https://doi.org/10.1186/s13677-026-00883-9>
- Bulhakova, O. F. (2025). Review and Synthesis of Virtualization Implementation Practices in IT Professional Training. *System and Technologies*, 2(70), 102–111. <https://doi.org/10.32782/2521-6643-2025-2-70.11>
- Friis, S., Larsen, L. M. P., & Ruepp, S. (2023). Strategies for Minimization of Energy Consumption in Data Centers. *ICN 2023: The Twenty-Second International Conference on Networks*, 17–22.
- Han, X., Wang, J., Wu, J., & Song, J. (2025). Energy-Efficient Cloud Systems: Virtual Machine Consolidation with Γ -Robustness Optimization. *IScience*, 28(3), 111897. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2025.111897>
- Kesa, D. M. (2023). Ensuring Resilience: Integrating IT Disaster Recovery Planning and Business Continuity for Sustainable Information Technology Operations. *WJARR: World Journal of Advanced Research and Reviews*, 18(3), 970–992. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2023.18.3.1166>
- Kolodii, V., Koreneva, I., Prokopenko, N., Huda, O., & Shaforost, Y. (2025). Development of Interactive Virtual Laboratories for Distance Learning in Natural Sciences. *Eduweb*, 19(3), 153–168. <https://doi.org/10.46502/issn.1856-7576/2025.19.03.10>
- Koroma, M., Fofanah, K., Kamara, G. S., Konteh, A. S., & Koroma, I. (2025). Evaluating the Adoption of Virtualization and Cloud Computing as Strategic IT Outsourcing Solutions for Enhancing Educational Efficiency at Njala University. *IRJIET: International Research Journal of Innovations in Engineering and Technology*, 9(5), 400–416. <https://doi.org/10.47001/IRJIET/2025.905045>

- Lambert, S., Ostapenco, V., Lefevre, L., Caron, E., Orgerie, A.-C., Fichel, B., & Grivel, R. (2026). Revisiting Virtual Machine Consolidation to Save Resources and Energy in Heterogeneous Production Cloud Infrastructures. *The International Journal of High Performance Computing Applications*, 40(3), 383–403. <https://doi.org/10.1177/10943420251399694>
- Maiyza, A. I., Hassan, H. A., Sheta, W. M., Banawan, K., & Korany, N. O. (2025). VTGAN Based Proactive VM Consolidation in Cloud Data Centers Using Value and Trend Approaches. *Scientific Reports*, 15(1), 20133. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-04757-z>
- Martins, M. R. (2023). From On-Premise to Cloud: Evolving IT Infrastructure For The AI Age. *WJARR: World Journal of Advanced Research and Reviews*, 20(3), 1898–1934. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2023.20.3.1590>
- Oktageri, D., Sukardi, Usmeldi, Wagino, & Effendi, H. (2025). Emerging Trends of Virtual Laboratories in Vocational Education : A Bibliometric Analysis. *Journal for Lesson and Learning Studies*, 8(2), 351–364. <https://doi.org/10.23887/jlls.v8i2.96277>
- Putra, A. E. P., Chulkamdi, M. T., & Mawaddah, U. (2025). Pemanfaatan Docker pada Virtualisasi Server untuk Mengoptimalkan Kinerja Aplikasi berbasis Web menggunakan Multiserver. *JUMISTIK: Jurnal Manajemen Informatika, Sistem Informasi Dan Teknologi Komputer*, 4(2), 707–718. <https://doi.org/10.70247/jumistik.v4i2.203>
- Ramadhan, R., Hardiansyah, & Sundawa, F. (2026). Analisis Performa Jaringan Komputer Menggunakan Teknologi Virtualisasi Untuk Efisiensi Sumber Daya Internet. *SIDATA: Jurnal Sistem Informasi, Sains Data, Dan Informatika*, 1(1), 11–15. <https://doi.org/10.56956/97rtjp69>
- Rido, R., Pahlevi, M. R., Maliki, I., & Iqbal, M. (2026). Implementasi Server Virtualisasi Menggunakan Proxmox untuk Manajemen Infrastruktur Jaringan dan Layanan Internet pada Institusi Pendidikan. *Jurnal Sistem Informasi, Sains Data, Dan Informatika*, 1(1), 25–33. <https://doi.org/10.56956/s6zv7r91>
- Rosener, W. J., Train, M. A. V., & Shapiro, J. M. (2025). A Case for Virtual Desktops : Enhancing Software Access and Learning in an Online DBMS Course. *Journal of Cases on Information Technology*, 27(1), 1–21. <https://doi.org/10.4018/JCIT.382568>
- Rozekhani, S. M., Mahan, F., & Pedrycz, W. (2025). VM Consolidation Steps in Cloud Computing: A Perspective Review. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 138, 103034. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2024.103034>
- Sanantagraha, A. I., & Mahadewi, E. P. (2024). The Role of Virtualization Technology to Increase Operational Cost Efficiency of Indonesian SMEs: Case Study of Internet Service Providers. *International Journal of Science, Technology & Management*, 5(5), 1050–1058. <https://doi.org/10.46729/ijstm.v5i5.1161>
- Savu-jivanov, A., Stolojescu-crisan, C., Gal, J., Trinc, E., & Ancuti, C. (2025). Leveraging GNS3 and VMware ESXi for Scalable, Hands-on Education. *2025 International Symposium on Signals, Circuits and Systems (ISSCS)*, 1-. <https://doi.org/10.1109/ISSCS66034.2025.11105622>
- Sofiah, N., Ulayya, S., Hermalinda, N. I., & Eriana, E. S. (2026). Analisis Virtualisasi dalam Meningkatkan Efisiensi Sumber Daya Komputasi pada Cloud Modern. *TEKNOBIS: Teknologi, Bisnis, Dan Pendidikan*, 3(4), 600–606.

- Sukardjo, M., Khasanah, U., Rahmat, S. T., Khaerudin, K., & Setiawan, B. (2023). Virtual Laboratory Design for Learning Electro-Pneumatic Practices in Vocational High Schools. *European Journal of Educational Research*, 12(2), 719–737. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.12.2.719>
- Tokhayeva, A., Alzhanov, A., Smakova, N., Abuov, A., & Mukhtarkyzy, K. (2026). Virtualisation in Higher Education From 2018 to 2025 : A Systematic Review of Modern Tools, Learning Impact , and Cost Efficiency. *Cogent Education*, 13(1), 2662138. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2026.2662138>
- Zhang, P., Gao, J., Liu, J., & Tan, L. (2025). EVMC: An Energy-Efficient Virtual Machine Consolidation Approach Based on Deep Q-Networks for Cloud Data Centers. *Electronics*, 14(19), 3813. <https://doi.org/10.3390/electronics14193813>
- Zhang, Y., Zheng, Y., Yin, C., & Wang, W. (2025). Research and System Design of Digital Education Mechanism for Vocational Education in Cloud Computing Environment. *Proceedings of the 2025 6th International Conference on Education, Knowledge and Information Management*, 1(1), 519–524. <https://doi.org/10.1145/3756580.3756665>