Peran Virtualisasi Server sebagai Solusi Green IT dalam Mengurangi Biaya Operasional dan Konsumsi Daya

Syadid Naufal Isrorianto 1[1]*
[1]Universitas Bumigora
Coresponding: syaditnaufal@gmail.com*
Submitted: 11-07-2026; Accepted: 30-06-2026; Published: 30-06-2026

ABSTRACT

Data centers are facing dual challenges: escalating operational costs and significant environmental impact due to high energy consumption. This situation demands an efficient and sustainable IT infrastructure solution. This research aims to analyze the role of server virtualization as a key Green IT strategy to address these problems. The methodology used is a qualitative literature study, synthesizing findings from previous case studies and scientific articles on virtualization implementation. The analysis focuses on two main benefits: reduction in operational costs and power consumption. The results show that server virtualization enables server consolidation, which drastically reduces the need for physical hardware. Consequently, this leads to significant savings in operational costs, including hardware procurement, maintenance, and physical space. Furthermore, a smaller hardware footprint directly lowers electricity consumption from both the servers themselves and the supporting cooling systems. This study concludes that server virtualization is a proven and effective solution for creating a more cost-efficient and environmentally friendly IT infrastructure.

Keywords: Server Virtualization, Green IT, Energy Efficiency, Operational Cost, Data Center

ABSTRAK

Pusat data menghadapi tantangan ganda: biaya operasional yang terus meningkat dan dampak lingkungan yang signifikan akibat konsumsi energi yang tinggi. Situasi ini menuntut adanya solusi infrastruktur TI yang efisien dan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peran virtualisasi server sebagai strategi utama *Green IT* untuk mengatasi permasalahan tersebut. Metode yang digunakan adalah studi literatur kualitatif, dengan mensintesis temuan dari studi kasus dan artikel ilmiah sebelumnya mengenai implementasi virtualisasi. Analisis berfokus pada dua manfaat utama: pengurangan biaya operasional dan konsumsi daya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa virtualisasi server memungkinkan dilakukannya konsolidasi server, yang secara drastis mengurangi kebutuhan perangkat keras fisik. Konsekuensinya, hal ini menghasilkan penghematan biaya operasional yang signifikan, meliputi pengadaan perangkat keras, pemeliharaan, dan ruang fisik. Lebih lanjut, jejak perangkat keras yang lebih kecil secara langsung menurunkan konsumsi daya listrik, baik dari server itu sendiri maupun dari sistem pendingin pendukungnya. Studi ini menyimpulkan bahwa virtualisasi server adalah solusi yang terbukti efektif untuk menciptakan infrastruktur TI yang lebih hemat biaya dan ramah lingkungan.

Kata Kunci: Virtualisasi Server, Hijau IT, Efisiensi Energi, Biaya Operasional, Pusat Data

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan kemajuan era digital, kebutuhan akan infrastruktur Teknologi Informasi (TI) terus meningkat secara eksponensial. Banyak institusi, mulai dari perusahaan hingga lembaga pendidikan, sangat bergantung pada ketersediaan server untuk menjalankan berbagai layanan, mulai dari penyimpanan data hingga aplikasi akademik [1]. Ketergantungan ini sering kali berujung pada penambahan jumlah server fisik untuk setiap layanan baru yang dibutuhkan. Model tradisional dengan pendekatan "satu aplikasi, satu server" ini menimbulkan berbagai permasalahan serius.

Permasalahan pertama adalah inefisiensi. Banyak server fisik yang beroperasi hanya pada sebagian kecil dari kapasitas totalnya, menyebabkan pemborosan sumber daya perangkat keras yang signifikan [2]. Kedua,

terjadi pembengkakan biaya. Penambahan server fisik secara terus-menerus tidak hanya meningkatkan biaya investasi perangkat keras, tetapi juga biaya operasional untuk pemeliharaan, manajemen, dan penyediaan ruang fisik di pusat data (*data center*) [3].

Permasalahan ketiga, yang menjadi sorotan utama saat ini, adalah dampak lingkungan. Pusat data merupakan salah satu konsumen energi listrik terbesar. Tingginya konsumsi energi ini tidak hanya berasal dari daya untuk menjalankan server, tetapi juga dari sistem pendingin (HVAC) yang diperlukan untuk mengatasi panas yang dihasilkan perangkat keras. Ketergantungan pada sumber energi konvensional seperti listrik dari PLN membuat operasional menjadi rentan terhadap gangguan seperti pemadaman, yang dapat menghentikan seluruh aktivitas [4].

Menjawab tantangan tersebut, muncullah konsep *Green IT* atau TI Hijau, yaitu sebuah pendekatan untuk menciptakan operasional teknologi yang efisien dan ramah lingkungan. Salah satu teknologi kunci dalam kerangka *Green IT* adalah virtualisasi server. Virtualisasi menawarkan sebuah teknik untuk mengubah sesuatu yang bersifat fisik menjadi bentuk virtual atau simulasi [5]. Dengan teknologi ini, satu server fisik dapat menjalankan beberapa mesin virtual (*virtual machine*) secara bersamaan, di mana setiap mesin virtual beroperasi seolah-olah sebagai server independent [6].

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara mendalam peran virtualisasi server sebagai solusi strategis *Green IT*. Fokus analisis adalah untuk membuktikan bagaimana teknologi ini mampu mengurangi biaya operasional dan konsumsi daya listrik secara signifikan, dengan mengacu pada studi kasus dan penelitian implementasi yang telah ada [7].

2. METHOD

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode studi literatur (*literature review*). Pendekatan ini dipilih untuk mengidentifikasi, menganalisis, membandingkan, dan mensintesis berbagai penelitian terdahulu yang berkaitan dengan efisiensi infrastruktur teknologi informasi, virtualisasi server, optimalisasi sumber daya komputasi, pengelolaan sistem, serta penerapan teknologi untuk meningkatkan efisiensi operasional.

Sumber data penelitian berasal dari artikel ilmiah yang relevan dengan bidang ilmu komputer. Referensi yang digunakan terdiri atas lebih dari sepuluh artikel ilmiah, termasuk sejumlah publikasi pada Jurnal Ilmu Komputer (JUIK) yang melibatkan Mohamad Ilyas Abas sebagai salah satu penulis. Penggunaan referensi tersebut bertujuan untuk memperkuat landasan konseptual mengenai pemanfaatan teknologi informasi, optimalisasi sumber daya, pengembangan sistem, dan evaluasi kinerja teknologi dalam berbagai konteks penerapan.

Proses penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

1. **Identifikasi Literatur**
   Tahap pertama dilakukan dengan mengidentifikasi artikel-artikel ilmiah yang memiliki keterkaitan dengan virtualisasi server, optimalisasi sumber daya komputasi, efisiensi sistem, konsumsi energi, dan pengelolaan infrastruktur teknologi informasi.
2. **Seleksi Literatur**
   Literatur yang telah ditemukan kemudian diseleksi berdasarkan relevansi terhadap fokus penelitian. Artikel yang dipilih merupakan publikasi ilmiah yang membahas implementasi teknologi informasi, evaluasi sistem, optimasi sumber daya, maupun penerapan metode komputasi untuk meningkatkan efisiensi.

3. **Ekstraksi Informasi**
   Informasi penting dari setiap penelitian dikumpulkan, terutama yang berkaitan dengan tujuan penelitian, metode yang digunakan, teknologi yang diterapkan, hasil penelitian, serta kontribusinya terhadap peningkatan efisiensi sistem.
4. **Analisis dan Sintesis**
   Temuan dari berbagai penelitian dibandingkan dan disintesis untuk memperoleh pemahaman mengenai hubungan antara virtualisasi server, optimalisasi sumber daya perangkat keras, pengurangan biaya operasional, dan efisiensi konsumsi energi.
5. **Interpretasi Hasil**
   Hasil sintesis kemudian diinterpretasikan untuk menjelaskan peran virtualisasi server sebagai salah satu strategi Green IT dalam menciptakan infrastruktur teknologi informasi yang lebih efisien, fleksibel, dan berkelanjutan.

Melalui tahapan tersebut, penelitian ini tidak hanya mendeskripsikan manfaat virtualisasi server, tetapi juga membangun analisis yang lebih komprehensif berdasarkan berbagai hasil penelitian terdahulu di bidang ilmu komputer.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil studi literatur terhadap berbagai penelitian mengenai virtualisasi server, optimalisasi sumber daya komputasi, dan implementasi teknologi informasi, ditemukan bahwa penerapan virtualisasi memiliki kontribusi penting terhadap peningkatan efisiensi infrastruktur teknologi informasi. Analisis dilakukan dengan mengelompokkan hasil penelitian ke dalam beberapa aspek utama, yaitu konsolidasi sumber daya, efisiensi biaya operasional, pengurangan konsumsi energi, peningkatan fleksibilitas sistem, serta tantangan implementasi virtualisasi.

4.1. Konsolidasi Server sebagai Dasar Efisiensi Infrastruktur

Hasil analisis menunjukkan bahwa manfaat utama virtualisasi server terletak pada kemampuannya melakukan konsolidasi berbagai layanan ke dalam jumlah perangkat fisik yang lebih sedikit. Pada infrastruktur konvensional, organisasi sering menggunakan server terpisah untuk menjalankan layanan seperti basis data, web server, file server, dan aplikasi internal. Kondisi tersebut dapat menyebabkan rendahnya tingkat utilisasi perangkat keras karena setiap server tidak selalu menggunakan kapasitas CPU, memori, dan penyimpanan secara maksimal.

Melalui teknologi virtualisasi, beberapa mesin virtual dapat dijalankan secara bersamaan dalam satu atau beberapa server fisik. Pendekatan ini memungkinkan sumber daya perangkat keras digunakan secara lebih optimal. Studi implementasi Proxmox pada lingkungan pendidikan menunjukkan bahwa virtualisasi dapat digunakan untuk mengonsolidasikan berbagai layanan server dan mempermudah pengelolaan sumber daya melalui sistem yang lebih terpusat [1], [2].

Prinsip optimalisasi sumber daya juga dapat ditemukan dalam berbagai penelitian di bidang ilmu komputer. Penelitian yang melibatkan Mohamad Ilyas Abas menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi dan metode komputasi yang tepat dapat meningkatkan efektivitas suatu sistem, baik dalam pengelolaan data, pengembangan sistem informasi, maupun pemrosesan data menggunakan metode kecerdasan buatan [8]–[18]. Walaupun penelitian tersebut memiliki objek dan metode yang berbeda, seluruhnya memperlihatkan pentingnya pemilihan arsitektur dan teknologi yang sesuai untuk menghasilkan sistem yang lebih efisien.

Dengan demikian, konsolidasi server tidak hanya berfungsi untuk mengurangi jumlah perangkat keras, tetapi juga menjadi strategi untuk meningkatkan tingkat utilisasi sumber daya komputasi. Infrastruktur yang sebelumnya terdiri atas banyak server dengan tingkat penggunaan rendah dapat diubah menjadi lingkungan yang lebih terintegrasi dan mudah dikelola.

4.2. Dampak Virtualisasi terhadap Biaya Operasional

Hasil analisis menunjukkan bahwa pengurangan biaya operasional merupakan salah satu manfaat utama dari penerapan virtualisasi server. Biaya operasional infrastruktur TI tidak hanya terdiri atas biaya pengadaan perangkat keras, tetapi juga mencakup biaya pemeliharaan, penggantian komponen, penggunaan ruang, konsumsi listrik, dan sumber daya manusia yang diperlukan untuk melakukan administrasi sistem.

Penerapan konsolidasi server memungkinkan organisasi mengurangi kebutuhan untuk membeli perangkat fisik secara terpisah bagi setiap layanan. Sebagai contoh, penelitian pada SMK Bhakti Persada menunjukkan bahwa beberapa server fisik dapat dikonsolidasikan menggunakan teknologi Proxmox sehingga kebutuhan perangkat keras dapat dikurangi secara signifikan [2]. Kondisi tersebut memberikan dampak langsung terhadap penurunan investasi awal dan biaya pemeliharaan infrastruktur.

Selain pengurangan jumlah perangkat, virtualisasi juga memberikan keuntungan dalam aspek manajemen. Administrator dapat mengelola beberapa mesin virtual melalui satu platform terpusat. Proses pembuatan server baru, konfigurasi sistem, pencadangan, pemulihan, dan pemantauan sumber daya dapat dilakukan dengan lebih efisien dibandingkan dengan pengelolaan banyak server fisik secara terpisah [1].

Temuan tersebut sejalan dengan berbagai penelitian JUIK yang menunjukkan bahwa penerapan sistem berbasis teknologi informasi dapat meningkatkan efisiensi dalam pengelolaan sumber daya dan proses organisasi. Pengembangan sistem inventaris berbasis web, misalnya, bertujuan meningkatkan efisiensi pengelolaan aset melalui digitalisasi proses administrasi [13]. Demikian pula, pengembangan sistem informasi dan penerapan metode komputasi menunjukkan bahwa teknologi dapat digunakan untuk mengurangi kompleksitas proses serta meningkatkan efektivitas pengelolaan informasi [9], [10], [14].

Oleh karena itu, penghematan biaya yang diperoleh dari virtualisasi tidak seharusnya hanya diukur berdasarkan jumlah server yang berhasil dikurangi. Analisis biaya juga perlu mempertimbangkan Total Cost of Ownership (TCO), termasuk biaya investasi awal, pemeliharaan, energi, pendinginan, lisensi perangkat lunak, dan kebutuhan tenaga kerja. Dengan pendekatan tersebut, manfaat ekonomi virtualisasi dapat dievaluasi secara lebih komprehensif.

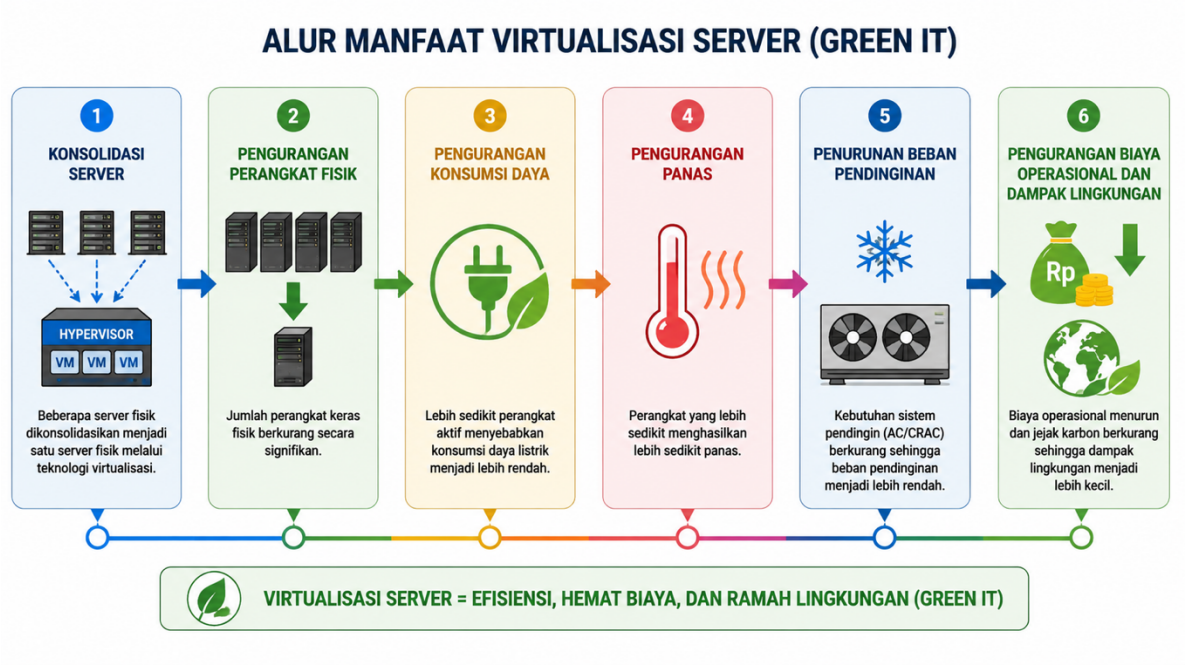
4.3. Pengurangan Konsumsi Energi sebagai Kontribusi terhadap Green IT

Aspek penting lainnya dalam penerapan virtualisasi adalah kemampuannya menurunkan konsumsi energi infrastruktur TI. Setiap server fisik membutuhkan daya listrik untuk menjalankan prosesor, memori, media penyimpanan, dan komponen pendukung lainnya. Semakin banyak perangkat fisik yang digunakan, semakin besar pula kebutuhan energi yang diperlukan.

Konsolidasi server memungkinkan beberapa layanan dijalankan pada satu perangkat fisik yang memiliki kapasitas sumber daya lebih besar. Dengan berkurangnya jumlah perangkat yang aktif, konsumsi daya secara keseluruhan dapat ditekan. Penelitian terdahulu mengenai perbandingan lingkungan server virtual dan nonvirtual juga menunjukkan adanya perbedaan dalam pemanfaatan sumber daya sistem [7].

Pengurangan konsumsi energi tidak hanya terjadi pada perangkat server. Setiap energi listrik yang digunakan oleh perangkat komputasi akan menghasilkan panas. Apabila jumlah server fisik berkurang, panas yang dihasilkan juga berpotensi menurun. Kondisi tersebut dapat mengurangi kebutuhan sistem pendingin sehingga menghasilkan efisiensi energi tambahan.

Hubungan antara virtualisasi dan Green IT dapat digambarkan melalui mekanisme berikut:



Gambar 1. Mekanisme virtualisasi server (Green IT)

Meskipun demikian, tingkat penghematan energi tidak selalu sama pada setiap lingkungan. Konsumsi daya dipengaruhi oleh spesifikasi perangkat keras, jumlah mesin virtual, pola beban kerja, kapasitas sistem pendingin, dan tingkat utilisasi server. Oleh karena itu, klaim mengenai penghematan energi perlu didukung oleh pengukuran langsung pada implementasi tertentu.

4.4. Virtualisasi dan Optimalisasi Pemanfaatan Sumber Daya

Selain mengurangi jumlah perangkat fisik, virtualisasi memungkinkan pengalokasian sumber daya yang lebih fleksibel. CPU, memori, dan penyimpanan dapat dialokasikan sesuai kebutuhan masing-masing mesin virtual. Administrator dapat menyesuaikan konfigurasi sumber daya berdasarkan perubahan beban kerja tanpa harus selalu melakukan pengadaan perangkat keras baru.

Kemampuan untuk melakukan penyesuaian tersebut menjadi penting dalam lingkungan teknologi informasi yang memiliki kebutuhan dinamis. Beberapa aplikasi mungkin memerlukan kapasitas besar pada periode tertentu, sementara aplikasi lainnya memiliki kebutuhan sumber daya yang relatif rendah. Virtualisasi memungkinkan distribusi sumber daya dilakukan secara lebih adaptif.

Konsep optimalisasi sumber daya tersebut memiliki relevansi dengan perkembangan penelitian ilmu komputer secara umum. Penelitian mengenai penerapan Convolutional Neural Network, YOLOv5, CNN-LSTM, dan berbagai metode komputasi menunjukkan bahwa peningkatan kinerja sistem sangat dipengaruhi oleh pemilihan metode, ukuran data, serta pengelolaan sumber daya komputasi yang tersedia [8], [11], [12], [16]. Dalam konteks yang berbeda, penelitian-penelitian tersebut memperlihatkan bahwa infrastruktur komputasi harus dikelola secara optimal agar mampu mendukung kebutuhan aplikasi modern.

Dengan demikian, virtualisasi dapat dipandang sebagai fondasi infrastruktur yang mendukung penggunaan sumber daya secara lebih efisien. Infrastruktur virtual dapat memberikan fleksibilitas bagi organisasi untuk mengalokasikan kapasitas komputasi sesuai kebutuhan aplikasi tanpa harus menyediakan perangkat fisik khusus untuk setiap layanan.

4.5. Peningkatan Fleksibilitas dan Kemudahan Pengelolaan

Hasil studi literatur juga menunjukkan bahwa virtualisasi memberikan keuntungan dari sisi fleksibilitas pengelolaan sistem. Mesin virtual dapat dibuat, dikloning, dicadangkan, dipulihkan, dan dipindahkan dengan lebih mudah dibandingkan dengan konfigurasi server fisik tradisional.

Kemudahan tersebut memberikan manfaat yang signifikan dalam proses pengembangan dan pemeliharaan sistem. Ketika terjadi gangguan pada suatu layanan, administrator dapat memanfaatkan mekanisme pencadangan dan pemulihan untuk mengembalikan sistem ke kondisi sebelumnya. Pada lingkungan tertentu, teknologi virtualisasi juga mendukung proses migrasi beban kerja antarmesin fisik.

Pengelolaan sistem secara terpusat juga dapat mengurangi kompleksitas administrasi. Hal ini sejalan dengan berbagai pengembangan sistem informasi dalam penelitian JUIK yang menekankan pentingnya sentralisasi informasi dan kemudahan akses dalam meningkatkan efektivitas proses organisasi [9], [13], [14].

4.6. Tantangan dan Keterbatasan Implementasi Virtualisasi

Walaupun virtualisasi memiliki berbagai manfaat, penerapannya juga menghadapi sejumlah tantangan. Salah satu risiko utama adalah terjadinya kegagalan pada server fisik utama yang menjalankan banyak mesin virtual. Apabila tidak tersedia mekanisme redundansi dan pencadangan yang memadai, gangguan pada satu perangkat fisik dapat memengaruhi beberapa layanan sekaligus.

Selain itu, konsolidasi yang berlebihan dapat menyebabkan terjadinya *resource contention*. Kondisi tersebut terjadi ketika beberapa mesin virtual secara bersamaan membutuhkan sumber daya CPU, memori, atau penyimpanan dalam jumlah besar. Oleh karena itu, perencanaan kapasitas menjadi faktor penting dalam implementasi virtualisasi.

Tantangan lainnya adalah kebutuhan kompetensi administrator. Pengelolaan lingkungan virtual membutuhkan pemahaman mengenai hypervisor, jaringan virtual, keamanan, penyimpanan, pencadangan, dan pemantauan sumber daya. Dengan demikian, keberhasilan penerapan virtualisasi tidak hanya ditentukan oleh teknologi yang digunakan, tetapi juga oleh kualitas perencanaan dan kemampuan sumber daya manusia.

4.7. Sintesis Hasil Penelitian

Secara keseluruhan, hasil studi literatur menunjukkan bahwa virtualisasi server memiliki peran strategis dalam mendukung penerapan Green IT. Kontribusi tersebut dapat dilihat dari hubungan antara konsolidasi perangkat keras, peningkatan utilisasi sumber daya, pengurangan konsumsi energi, dan efisiensi biaya operasional.

Namun, hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa manfaat virtualisasi bersifat kontekstual. Tingkat efisiensi yang dihasilkan dapat berbeda berdasarkan karakteristik organisasi, jumlah layanan, jenis perangkat keras, pola beban kerja, serta strategi pengelolaan infrastruktur.

Oleh karena itu, virtualisasi tidak seharusnya hanya dipandang sebagai solusi untuk mengurangi jumlah server fisik. Virtualisasi merupakan bagian dari strategi pengelolaan infrastruktur yang lebih luas, yang harus didukung oleh perencanaan kapasitas, sistem pemantauan, pencadangan, keamanan, dan evaluasi konsumsi energi secara berkala.

Berdasarkan sintesis tersebut, virtualisasi server dapat dinilai sebagai salah satu pendekatan yang relevan untuk membangun infrastruktur TI yang lebih efisien, fleksibel, dan berkelanjutan. Namun, untuk membuktikan besarnya penghematan biaya dan energi secara lebih objektif, penelitian selanjutnya perlu melakukan pengujian empiris dengan pengukuran langsung terhadap konsumsi daya, utilisasi sumber daya, dan Total Cost of Ownership pada lingkungan implementasi yang nyata.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil studi literatur dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa virtualisasi server memiliki peran penting dalam mendukung penerapan Green IT melalui peningkatan efisiensi penggunaan infrastruktur teknologi informasi. Penerapan virtualisasi memungkinkan beberapa layanan dan mesin virtual dikonsolidasikan ke dalam jumlah server fisik yang lebih sedikit sehingga pemanfaatan sumber daya komputasi, seperti CPU, memori, dan penyimpanan, dapat dilakukan secara lebih optimal. Konsolidasi server memberikan dampak langsung terhadap pengurangan kebutuhan perangkat keras fisik. Berkurangnya jumlah perangkat yang beroperasi selanjutnya dapat menekan konsumsi energi dan panas yang dihasilkan oleh infrastruktur server. Kondisi tersebut juga berpotensi mengurangi beban sistem pendingin, sehingga menghasilkan efisiensi energi yang lebih besar. Secara keseluruhan, hubungan tersebut membentuk suatu alur efisiensi, yaitu konsolidasi server yang menghasilkan pengurangan perangkat fisik, penurunan konsumsi daya, pengurangan panas, penurunan kebutuhan pendinginan, serta pengurangan biaya operasional dan dampak terhadap lingkungan. Selain aspek energi, virtualisasi juga memberikan manfaat dalam bentuk pengurangan biaya investasi perangkat keras, biaya pemeliharaan, kebutuhan ruang fisik, serta peningkatan efisiensi dalam pengelolaan infrastruktur. Kemampuan untuk melakukan pengelolaan sumber daya secara terpusat, pencadangan, pemulihan, dan penyesuaian kapasitas menjadikan infrastruktur virtual lebih fleksibel dibandingkan dengan pendekatan konvensional yang menggunakan server fisik secara terpisah. Meskipun demikian, efektivitas penerapan virtualisasi dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti perencanaan kapasitas, karakteristik beban kerja, spesifikasi perangkat keras, konfigurasi mesin virtual, serta kemampuan sumber daya manusia dalam mengelola infrastruktur. Konsolidasi yang tidak direncanakan dengan baik dapat menimbulkan persaingan sumber daya dan meningkatkan risiko gangguan layanan apabila terjadi kegagalan pada server fisik utama. Dengan demikian, virtualisasi server dapat dipandang sebagai salah satu strategi yang efektif dalam mendukung pembangunan infrastruktur teknologi informasi yang lebih efisien, fleksibel, hemat biaya, dan ramah lingkungan. Namun, untuk memperoleh gambaran yang lebih objektif mengenai besarnya penghematan yang dihasilkan, penelitian selanjutnya perlu melakukan pengujian empiris melalui pengukuran langsung terhadap konsumsi daya, tingkat utilisasi sumber daya, kinerja sistem, dan Total Cost of Ownership pada lingkungan implementasi yang nyata.

DAFTAR PUSTAKA

[1] A. Fachri, I. Neforawati, and A. Kurniawan, "Optimalisasi Server Proxmox pada NICT UIN Syarif Hidayatullah Jakarta," *Optimalisasi Server Proxmox pada NICT UIN Syarif Hidayatullah Jakarta JURNAL MULTINETICS*, vol. 7, no. 2, 2021, Accessed: Jul. 11, 2025. [Online]. Available: https://jurnal.pnj.ac.id/index.php/multinetics/article/view/4597

[2] R. Chandra and A. T. Sitorus, "Virtualisasi Server Menggunakan Proxmox Untuk Mengoptimalkan Resource Server Pada SMK Bhakti Persada," *Jurnal Multidisiplin Ilmu Akademik*, vol. 1, no. 2, pp. 69–80, Apr. 2024, doi: 10.61722/jmia.v1i2.2633.

[3] M. D. Ramdhani, M. B. S. Siregar, H. Hayati, R. Maulana, and M. F. Robidullah, "Meningkatkan Efisiensi dan Skalabilitas Infrastruktur TI dengan Proxmox VE: Studi Kasus Implementasi dan Konfigurasi," *Karimah Tauhid*, vol. 3, 2024, Accessed: Jul. 11, 2025. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/386372643_Meningkatkan_Efisiensi_dan_Skalabilitas_Infrastruktur_TI_dengan_Proxmox_VE_Studi_Kasus_Implementasi_dan_Konfigurasi

[4] T. M. A. Pandria and N. Prasanti, "Penerapan Panel Surya sebagai Sumber Energi Listrik Alternatif pada Gedung Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar," *Serambi Engineering*, vol. VI, no. 4, 2021, Accessed: Jul. 11, 2025. [Online]. Available: https://www.jurnal.serambimekkah.ac.id/serambi_engineering/article/view/3477

[5] N. A. Santoso, Z. Maulidin, and R. D. Kurniawan, "Analisis Jaringan Komputer Menggunakan Teknologi Virtualisasi," *Jurnal Minfo Polgan*, vol. 11, no. 2, 2022, Accessed: Jul. 11, 2025. [Online]. Available: https://jurnal.polgan.ac.id/index.php/minfo/article/view/11652

[6] R. Azhar, H. Santoso, and B. Krismono, "Pengaruh Implementasi Kernel Based Virtual Machine pada Server VPS terhadap Pemakaian CPU Memory dan Harddisk," *Jurnal Informatika & Rekayasa Elektronika)*, vol. 5, no. 1, 2022, Accessed: Jul. 11, 2025. [Online]. Available: http://e-journal.stmiklombok.ac.id/index.php/jire/article/view/522

[7] E. B. Pratama, "Perbandingan Kinerja Jaringan dengan Server Virtual dan Server Non Virtual ditinjau dari Kualitas Layanan," *Jurnal Tera*, 2021, Accessed: Jul. 11, 2025. [Online]. Available: https://jurnal.undira.ac.id/index.php/tera/article/view/293

[8] F. Adisyar, M. I. Abas, W. E. Pranata, R. Lamusu, Syahrial, dan I. Ibrahim, "Apple Fruit Quality Detection (Good and Rotten) Using the YOLOv5 Method," *Jurnal Ilmu Komputer (JUIK)*, vol. 6, no. 1, pp. 24–31, 2026, doi: 10.31314/juik.v6i1.5539.

[9] N. M. Tangahu, M. I. Abas, W. E. Pranata, R. Lamusu, Syahrial, dan I. Ibrahim, "Avocado Ripeness Classification Using a Convolutional Neural Network (CNN)," *Jurnal Ilmu Komputer (JUIK)*, vol. 6, no. 1, pp. 32–38, 2026.

[10] T. P. Handayani dan M. I. Abas, "Comparative Analysis of CNN-LSTM and LSTM Models for Cyberbullying Detection with Increasing Dataset Sizes," *Jurnal Ilmu Komputer (JUIK)*, vol. 4, no. 2, pp. 75–85, 2024, doi: 10.31314/juik.v4i2.3185.

[11] M. A. Chandra, I. Isminarti, F. Fauziah, Y. B. Mulyadi, dan M. I. Abas, "Optimizing Production Process by Integrating 3D Manufacturing Technology Using Autodesk Inventor Software to Improve Efficiency," *Jurnal Ilmu Komputer (JUIK)*, vol. 4, no. 3, 2024.

[12] R. Antupetu, M. I. Abas, A. Lasarudin, dan R. Lamusu, "Digital Library Universitas Muhammadiyah Gorontalo," *Jurnal Ilmu Komputer (JUIK)*, vol. 4, no. 1, pp. 1–15, 2024, doi: 10.31314/juik.v4i1.2797.

[13] N. K. Sulistyawati, W. Hasyim, R. Maku, dan M. I. Abas, "Analisis Tingkat Kepuasan Pengguna Sistem Informasi Elektronik Kinerja ASN (SI-EKA) di Kementerian Agama Menggunakan Metode Webqual," *Jurnal Ilmu Komputer (JUIK)*, vol. 4, no. 1, pp. 28–39, 2024, doi: 10.31314/juik.v4i1.2804.

[14] M. Masri, M. I. Abas, W. Hasyim, dan I. Ibrahim, "Sistem Inventarisasi Aset Universitas Muhammadiyah Gorontalo Berbasis Web," *Jurnal Ilmu Komputer (JUIK)*, vol. 2, no. 2, pp. 27–30, 2022, doi: 10.31314/juik.v2i2.1712.

[15] S. Yusuf, M. I. Abas, Syahrial, dan R. Lamusu, "Penerapan Model Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) terhadap Penggunaan Sistem Informasi Akademik Universitas Muhammadiyah Gorontalo," *Jurnal Ilmu Komputer (JUIK)*, vol. 2, no. 2, pp. 31–36, 2022, doi: 10.31314/juik.v2i2.1714.

[16] W. E. Pranata, M. I. Abas, I. Ibrahim, R. Lamusu, dan Syahrial, "Konstruksi Algoritma Pewarnaan Titik Pelangi pada Graf Pohon," *Jurnal Ilmu Komputer (JUIK)*, vol. 5, no. 1, pp. 13–19, 2025, doi: 10.31314/juik.v5i1.3839.

[17] B. I. Mahendra, M. I. Abas, Syahrial, dan W. E. Pranata, "Rancang Bangun Pengaturan Pakan Ikan Nila Berbasis Internet of Things," *Jurnal Ilmu Komputer (JUIK)*, vol. 5, no. 1, pp. 20–35, 2025, doi: 10.31314/juik.v5i1.3899.

[18] M. R. Daulima, Syahrial, M. I. Abas, W. E. Pranata, dan I. Ibrahim, "Klasifikasi Kualitas Telur Berdasarkan Kerabang Menggunakan Convolutional Neural Network," *Jurnal Ilmu Komputer (JUIK)*, vol. 5, no. 1, pp. 36–43, 2025, doi: 10.31314/juik.v5i1.3953.