

# Implementasi PNETLAB Sebagai *Platform Research and Development* pada Internet Infrastructure and Data Center Dinas Kominfo Kota Tangerang

Halim Agung<sup>1</sup>, Muhammad Anwar Lain<sup>2</sup>, Frans Sinata<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Bisnis Digital, Institut Teknologi dan Bisnis Bina Sarana Global, Indonesia

<sup>2</sup>Teknik Informatika, Institut Teknologi dan Bisnis Bina Sarana Global, Indonesia

<sup>3</sup>Informatika, Universitas Bunda Mulia, Indonesia

Email: <sup>1</sup>halim@global.ac.id, <sup>2</sup>1122140145@global.ac.id, <sup>3</sup>L1834@lecturer.ac.id

**Abstrak** - Pengelolaan infrastruktur jaringan dan pusat data pada instansi pemerintahan memerlukan lingkungan pengujian yang terpisah dari layanan produksi. Dinas Komunikasi dan Informatika Kota Tangerang menghadapi keterbatasan dalam pelaksanaan kegiatan Research and Development akibat tingginya biaya pengadaan perangkat jaringan fisik serta potensi risiko gangguan operasional apabila pengujian dilakukan secara langsung pada sistem produksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji penerapan PNETLab sebagai platform Research and Development berbasis virtualisasi jaringan yang diimplementasikan secara terpisah dari lingkungan produksi. Metode penelitian yang digunakan meliputi observasi terhadap kondisi sistem berjalan, wawancara dengan tenaga teknis, serta implementasi PNETLab pada lingkungan virtual berbasis Proxmox. PNETLab diinstal pada mesin virtual tersendiri menggunakan sistem operasi Ubuntu. Hasil implementasi digunakan untuk menggambarkan peran PNETLab dalam mendukung kegiatan simulasi dan pengujian konfigurasi jaringan pada lingkungan non-produksi. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai pemanfaatan platform virtualisasi jaringan dalam mendukung kegiatan Research and Development pada infrastruktur jaringan dan data center di lingkungan pemerintahan.

**Kata Kunci** - PNETLab, Virtualisasi Jaringan, Research and Development, Infrastruktur Jaringan.

**Abstract** - The management of network infrastructure and data centers in government institutions requires a testing environment that is separated from production services. The Tangerang City Department of Communication and Informatics faces limitations in conducting Research and Development activities due to the high cost of physical network equipment and the potential risk of operational disruption when testing is performed directly on production systems. This study aims to examine the implementation of PNETLab as a network virtualization-based Research and Development platform that is deployed independently from the production environment. The research methodology includes observation of the existing system conditions, interviews with technical personnel, and the implementation of PNETLab within a Proxmox-based virtual environment. PNETLab is installed on a dedicated virtual machine using the Ubuntu operating system. The implementation results are used to describe the role of PNETLab in supporting network simulation and configuration testing within a non-production environment. This study is expected to provide insights into the use of network virtualization platforms to support Research and Development activities in government network infrastructure and data center environments.

**Keywords** - PNETLab, Network Virtualization, Research and Development, Network Infrastructure.

## I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi mendorong instansi pemerintahan untuk mengelola infrastruktur jaringan dan pusat data secara terencana guna menjamin keberlangsungan layanan digital publik. Infrastruktur jaringan memiliki peran strategis sebagai tulang punggung sistem informasi pemerintahan, sehingga setiap perubahan konfigurasi, pengembangan, maupun pengujian teknologi perlu dilakukan secara hati-hati [1]. Dalam konteks tersebut, kegiatan Research and Development (R&D) menjadi bagian penting untuk memastikan bahwa penerapan teknologi jaringan dapat diuji dan divalidasi sebelum digunakan pada lingkungan produksi [2], [3]. Hadirnya data center sebagai lingkungan fasilitas fisik yang dirancang secara khusus untuk menempatkan sistem komputasi beserta komponen pendukungnya. Data center menjadi lokasi terintegrasi bagi berbagai perangkat teknologi informasi dan komunikasi, termasuk perangkat utama untuk pengolahan data seperti server, sistem penyimpanan data, serta perangkat jaringan sebagai media komunikasi. Seluruh perangkat tersebut bekerja secara terpadu untuk menjalankan proses pengolahan, penyimpanan, dan transmisi informasi digital secara berkelanjutan [5].

Pada Dinas Komunikasi dan Informatika Kota Tangerang, pelaksanaan kegiatan R&D infrastruktur jaringan masih menghadapi beberapa kendala. Ketersediaan perangkat jaringan fisik yang terbatas serta tingginya biaya pengadaan perangkat multi-vendor menjadi hambatan dalam penyediaan laboratorium jaringan konvensional. Selain itu, pengujian yang dilakukan secara langsung pada sistem produksi berpotensi menimbulkan gangguan operasional apabila terjadi kesalahan konfigurasi, sehingga kurang sesuai digunakan sebagai media eksperimen dan pembelajaran teknis.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji dan mengimplementasikan platform Research and Development berbasis virtualisasi jaringan menggunakan PNETLab sebagai lingkungan pengujian yang terpisah dari sistem produksi [6]. Melalui penerapan platform ini, diharapkan kegiatan simulasi, pengujian, dan pengembangan konfigurasi infrastruktur jaringan dapat dilakukan secara terkontrol tanpa mengganggu layanan operasional.

Implementasi PNETLab digunakan untuk menggambarkan pemanfaatan lingkungan virtual dalam mendukung proses pengujian jaringan.

Teknologi virtualisasi merupakan mekanisme yang memungkinkan satu perangkat keras fisik untuk beroperasi sebagai beberapa entitas komputer virtual yang independen. Setiap mesin virtual tersebut mengadopsi arsitektur dasar yang serupa dengan perangkat fisik aslinya, sehingga memungkinkan pembagian sumber daya ke dalam berbagai lingkungan komputasi secara simultan. Dalam implementasinya, lingkungan virtual ini dapat dikonfigurasi agar saling terhubung atau terisolasi sepenuhnya, yang sangat krusial untuk memisahkan aktivitas pengujian dari sistem produksi guna menjaga stabilitas layanan [7].

Ruang lingkup dari penelitian ini yaitu implementasi PNETLab dan penggunaan dalam jaringan untuk mendukung pelaksanaan Research and Development [8].

Dalam penelitian ini, penulis merujuk pada sejumlah jurnal sebagai bahan kajian pustaka untuk memperkuat landasan penelitian yang dilakukan, sekaligus menghimpun berbagai temuan dan informasi terdahulu yang relevan dengan topik yang dikaji. Kadek Andi Surya Negara dalam penelitiannya menggunakan metode Research and Development (R&D) untuk mengetahui validitas dari media pembelajaran jaringan komputer berbasis PNETLab ini digunakan dalam proses pembelajaran di kelas [6]. Yahya Suharya dalam penelitiannya menggunakan metode analisis data untuk Pengembangan Aplikasi Pembelajaran Jaringan Komputer Menggunakan PNETLab untuk Sekolah Menengah Kejuruan Jurusan Teknik Komputer dan Jaringan dengan Metode Web Based Learning untuk memudahkan antara guru dengan siswa dalam memahami pengenalan dan simulasi rancangan perangkat jaringan komputer sehingga menjadi alternatif sebagai media pembelajaran [9].

## II. METODE PENELITIAN

### A. Metode Pengumpulan Data

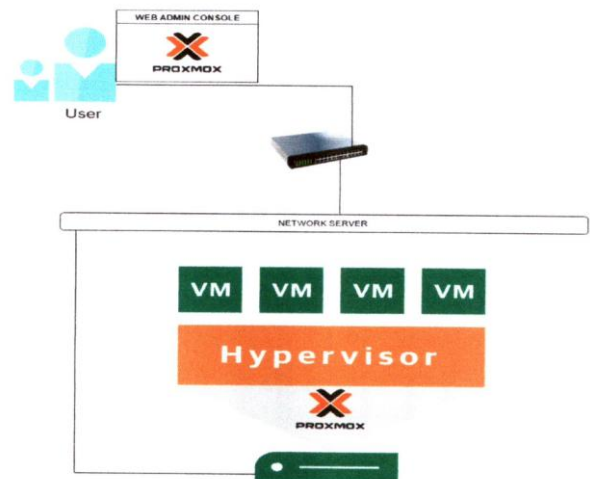
Tahap awal pengumpulan data dilakukan melalui studi pustaka, yaitu dengan menelusuri berbagai sumber referensi yang relevan seperti buku, artikel ilmiah [10], publikasi daring [11], dan dokumentasi teknis yang berkaitan dengan topik penelitian. Seluruh sumber tersebut dianalisis dan dipahami sebagai landasan konseptual serta digunakan untuk mendukung proses penelitian dan penyelesaian permasalahan dalam implementasi proyek PNETLab.

Pengumpulan data selanjutnya dilakukan melalui metode wawancara, yaitu dengan melakukan komunikasi langsung dengan staf tenaga ahli maupun pihak yang terlibat dalam pemanfaatan PNETLab [12]. Informasi yang diperoleh dari proses ini digunakan untuk memahami kebutuhan teknis, kendala yang dihadapi, serta memberikan masukan yang relevan sebagai bahan pertimbangan dalam pengembangan dan pengelolaan sistem.

Saat ini, infrastruktur teknologi informasi pada Dinas Komunikasi dan Informatika Kota Tangerang telah mengadopsi teknologi virtualisasi menggunakan hypervisor Proxmox yang berjalan di atas server fisik untuk mengelola

berbagai layanan digital publik dan pusat data. Meskipun platform ini memungkinkan pengelolaan Virtual Machine (VM) secara terpusat, terdapat permasalahan kritical pada tata kelola lingkungan kerja, di mana VM untuk kegiatan Research and Development (R&D) masih ditempatkan dalam satu klaster sumber daya yang sama dengan VM produksi. Penempatan yang berdampingan ini tanpa adanya isolasi lingkungan yang jelas menciptakan risiko operasional yang signifikan, terutama terkait potensi perebutan sumber daya (resource contention) seperti CPU, RAM, dan penyimpanan yang dapat mengganggu performa layanan utama.

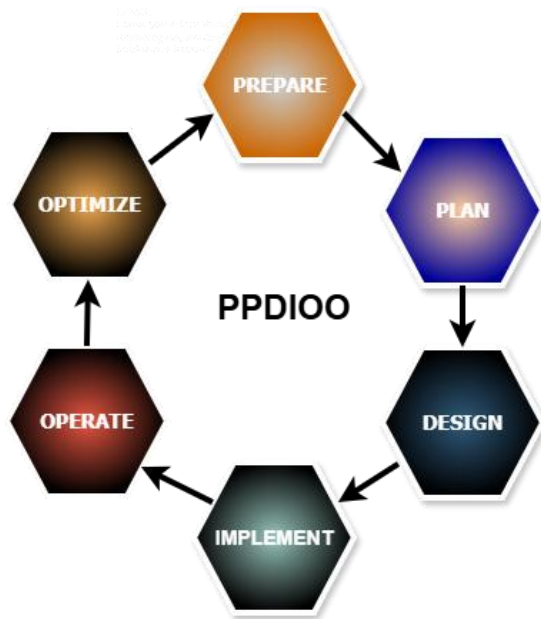
Selain kendala teknis pada pembagian sumber daya, penggunaan lingkungan yang belum terpisah ini meningkatkan kerentanan terhadap faktor human error yang fatal. Ketiadaan pemisahan logis antara lingkungan riset dan operasional memungkinkan terjadinya kesalahan administratif, seperti modifikasi atau penghapusan VM produksi secara tidak sengaja saat melakukan pengujian. Oleh karena itu, diperlukan implementasi platform simulasi seperti PNETLab yang terinstal pada VM tersendiri untuk menciptakan lingkungan laboratorium virtual yang sepenuhnya terisolasi, guna menjamin bahwa setiap aktivitas eksperimen jaringan tidak memberikan dampak negatif terhadap keberlangsungan layanan publik digital.



Gambar 1. Arsitektur Mula-Mula

### B. Metode Penelitian

Dalam Penelitian ini penulis menggunakan metode PPDIIO dengan ruang lingkup yang dibatasi hingga tahap operasi saja. PPDIIO [13] merupakan kerangka kerja pengembangan jaringan yang mencakup enam tahapan utama, yaitu *Prepare* (Persiapan), *Plan* (Perencanaan), *Design* (Desain), *Implement* (Implementasi), *Operate* (Operasi), dan *Optimize* (Optimalisasi). Setiap tahapan dirancang secara berurutan dan saling terkait [14], [15]. Berikut adalah tahapannya:



Gambar 2. Metode PPDIIOO

#### 1. Prepare

Tahapan ini merupakan fase awal dalam pengembangan jaringan yang berfokus pada pengenalan kebutuhan organisasi serta penyiapan sumber daya yang dibutuhkan. Pada tahap ini, kebutuhan jaringan dianalisis dan sasaran proyek dirumuskan secara terarah sebagai dasar bagi tahapan pengembangan selanjutnya.

#### 2. Plan

Tahapan ini difokuskan pada penyusunan perencanaan strategis untuk pengembangan atau peningkatan jaringan dengan mengacu pada hasil analisis yang telah dilakukan sebelumnya. Perencanaan tersebut bertujuan merumuskan pendekatan dan langkah yang akan digunakan dalam proses pembangunan jaringan.

#### 3. Design

Tahapan ini dilakukan perancangan arsitektur jaringan dengan mengacu pada kebutuhan serta perencanaan yang telah ditetapkan sebelumnya. Kegiatan perancangan difokuskan pada penentuan struktur topologi jaringan serta pengaturan konfigurasi perangkat keras dan perangkat lunak yang akan digunakan.

#### 4. Implement

Tahapan Ini adalah proses penerapan design yang telah dirancang sebelumnya. ke dalam lingkungan operasional. PNETLab Aktivitas yang dilakukan meliputi instalasi operating system, konfigurasi dan instalasi software aplikasi, konfigurasi sistem jaringan, serta pelaksanaan pengujian awal guna memastikan jaringan berjalan sesuai dengan perencanaan yang telah ditetapkan.

#### 5. Operate

Tahapan ini berkaitan dengan pengoperasian lingkungan jaringan virtual berbasis PNETLab untuk mendukung kebutuhan pengguna dalam kegiatan simulasi dan pengujian. Fokus pada fase ini adalah memastikan bahwa

lingkungan PNETLab dapat berjalan secara stabil dan mampu menunjang aktivitas Research and Development infrastruktur jaringan.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Usulan Prosedur yang Baru

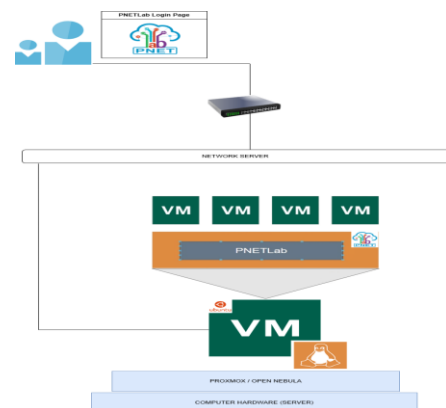
Penelitian ini mengajukan rancangan prosedur baru yang disesuaikan dengan pemanfaatan PNETLab sebagai lingkungan simulasi dan pengujian jaringan dalam kegiatan Research and Development tanpa berdampak pada sistem produksi.

Dalam arsitektur yang diusulkan, perangkat keras server fisik berfungsi sebagai penyedia utama sumber daya komputasi yang menjalankan platform virtualisasi Proxmox. Pemilihan Proxmox sebagai hypervisor didasari oleh kemampuannya dalam mengelola pembuatan dan operasional mesin virtual (VM) serta mengalokasikan sumber daya fisik secara terkontrol. Di atas lapisan virtualisasi ini, diimplementasikan sebuah VM khusus dengan sistem operasi Ubuntu yang berfungsi sebagai lingkungan terisolasi untuk instalasi PNETLab. Strategi penempatan PNETLab di dalam VM tersendiri bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh kegiatan Research and Development (R&D) memiliki ruang lingkup yang terpisah secara sistem dari infrastruktur produksi, sehingga meminimalisir risiko gangguan operasional.

Implementasi PNETLab pada sistem operasi Ubuntu menyediakan platform emulasi yang stabil untuk membangun topologi jaringan virtual, melakukan konfigurasi perangkat, dan menjalankan skenario pengujian tanpa melibatkan perangkat fisik secara langsung. Dari aspek manajemen, akses terhadap lingkungan simulasi dilakukan melalui antarmuka halaman login berbasis web, yang memungkinkan administrator mengelola laboratorium jaringan secara terpusat. Pemisahan akses antara antarmuka PNETLab dengan manajemen hypervisor Proxmox ini memberikan fleksibilitas sekaligus memperkuat keamanan sistem, karena seluruh aktivitas simulasi dan validasi konfigurasi dilakukan dalam lingkungan non-produksi yang terkendali.

#### B. Rancangan Sistem

Gambaran Arsitektur Implementasi PNETLab yang akan digunakan dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Arsitektur PNETLab

Berdasarkan gambar 2. Arsitektur dapat dijelaskan sebagai berikut:

#### 1. Computer Hardware / Server

Lapisan terbawah pada arsitektur sistem merupakan perangkat keras server fisik yang berfungsi sebagai penyedia utama sumber daya komputasi. Server ini mendukung kebutuhan pemrosesan, penyimpanan, dan konektivitas jaringan yang diperlukan untuk menjalankan lingkungan virtualisasi.

#### 2. Proxmox

Di atas perangkat keras server dijalankan platform virtualisasi, yaitu Proxmox atau OpenNebula. Lapisan ini berperan sebagai hypervisor yang mengelola pembuatan, pengaturan, dan operasional mesin virtual (Virtual Machine/VM), serta mengalokasikan sumber daya fisik server secara terkontrol.

#### 3. VM Ubuntu

Pada lapisan ini terdapat mesin virtual yang menjalankan sistem operasi Ubuntu Linux. VM ini berfungsi sebagai lingkungan sistem operasi tempat PNETLab diinstal dan dijalankan, sehingga memastikan isolasi antara platform simulasi jaringan dengan sistem lainnya.

#### 4. PNETLab

PNETLab berada di atas sistem operasi Ubuntu dan berperan sebagai platform emulasi dan simulasi jaringan. PNETLab menyediakan lingkungan untuk membangun topologi jaringan virtual, melakukan konfigurasi perangkat jaringan, serta menjalankan skenario pengujian tanpa melibatkan perangkat fisik secara langsung.

Sebagai platform emulasi yang berbasis virtualisasi, PNETLab menyediakan lingkungan simulasi yang sistematis untuk mengeksplorasi cara kerja infrastruktur jaringan yang kompleks. Dukungan multi-vendor pada platform ini memberikan ruang bagi praktisi maupun peneliti untuk melakukan validasi rancangan jaringan dan pengujian skenario teknologi baru secara praktis. Implementasi PNETLab dalam ekosistem profesional mampu menghadirkan laboratorium virtual yang mampu mereplikasi kondisi jaringan di dunia nyata, menjadikannya solusi strategis untuk meningkatkan efektivitas pengembangan teknologi informasi tanpa risiko gangguan pada sistem produksi [7].

#### 5. Network Server

Lapisan ini menggambarkan jaringan internal yang menghubungkan PNETLab dengan infrastruktur jaringan organisasi. Network server berfungsi sebagai penghubung antara lingkungan virtual dengan jaringan eksternal atau internal yang diperlukan untuk akses dan manajemen.

#### 6. Switch

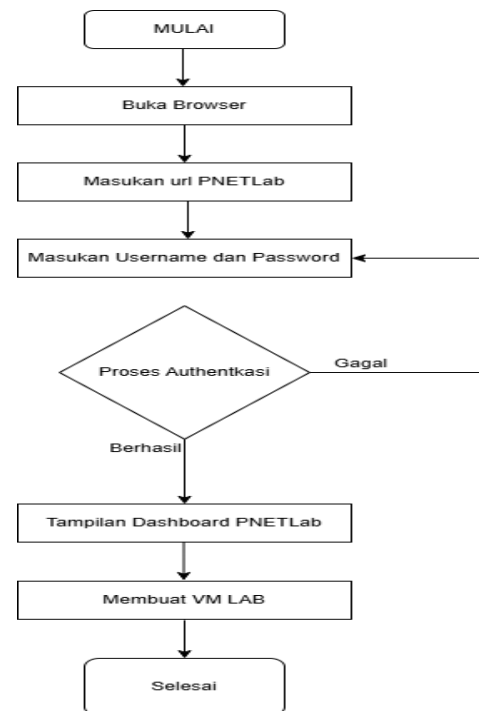
Perangkat switch digunakan sebagai media penghubung antara server, jaringan internal, dan pengguna. Switch memastikan lalu lintas data dapat berjalan dengan baik

antara sistem PNETLab dan pengguna yang mengaksesnya.

#### 7. Login Page PNETLab

Lapisan paling atas menunjukkan antarmuka pengguna berupa halaman login PNETLab. Melalui halaman ini, pengguna atau administrator dapat mengakses sistem PNETLab untuk melakukan manajemen laboratorium jaringan, menjalankan simulasi, serta melakukan konfigurasi dan pengujian jaringan secara terpusat.

#### C. Flowchart AccessUser



Gambar 3. Flowchart User

Alur proses akses pengguna dalam memanfaatkan PNETLab dijelaskan melalui flowchart yang menggambarkan tahapan interaksi pengguna dengan sistem secara berurutan sebagai berikut:

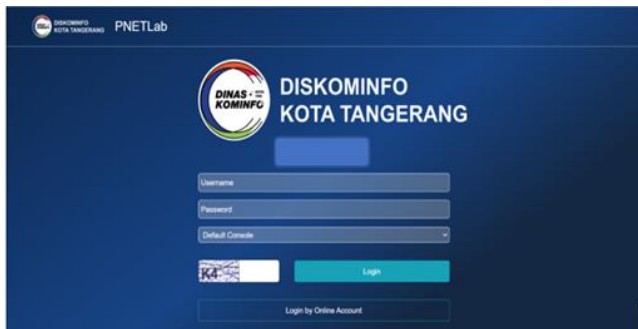
1. Proses dimulai ketika pengguna akan mengakses platform PNETLab untuk kegiatan simulasi dan pengujian jaringan.
2. Pengguna membuka browser pada perangkat yang terhubung ke jaringan server PNETLab.
3. Alamat URL PNETLab dimasukkan untuk mengakses antarmuka sistem.
4. Sistem meminta pengguna memasukkan kredensial berupa username dan password.
5. Proses autentikasi untuk memverifikasi identitas dan hak akses pengguna.
6. Setelah autentikasi berhasil, sistem menampilkan dashboard PNETLab sebagai pusat pengelolaan laboratorium jaringan.

7. Pengguna melakukan pembuatan atau pengelolaan virtual lab sesuai dengan kebutuhan Research and Development.

8. Selesai.

#### D. Tampilan PNETLab

Berdasarkan hasil analisis dan tahapan perancangan yang telah dilakukan, penelitian ini menghasilkan implementasi sistem PNETLab sesuai dengan rancangan yang ditetapkan. Berikut adalah Tampilan Sistem PNETLab dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Login PNETLab

#### E. Pengujian Sistem

Tahapan pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa lingkungan PNETLab yang diimplementasikan dapat dioperasikan sesuai dengan kebutuhan penelitian.

Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa sistem yang dikembangkan dapat dioperasikan secara optimal, sesuai dengan kebutuhan.

Pengujian pertama yang dilakukan adalah melakukan fungsi login ke system PNETLab. Pengujian Autentikasi sangat penting karena terkait dengan masalah keamanan sistem.

Tabel 1. Pengujian Login

| No | Pengujian                             | Test Case                            | Hasil Pengujian                          | Kesimpulan |
|----|---------------------------------------|--------------------------------------|--|------------|
| 1  | User Melakukan login pada menu login. | User memasukan username dan password | User berhasil masuk ke dashboard PNETLab | Valid      |

Pengujian Kedua adalah Pembuatan Lab untuk melakukan R&D oleh user. Pengujian ini sangat penting dilakukan karena merupakan tujuan utama dalam perancangan project ini yaitu menciptakan lingkungan simulasi yang terisolasi dari sistem produksi.

Tabel 2. Pengujian Pembuatan Lab

| No | Pengujian               | Test Case                        | Hasil Pengujian           | Kesimpulan |
|----|-------------------------|----------------------------------|---------------------------|------------|
| 1  | User Membuat 1 Buah Lab | User membuat Lab untuk simulasi. | User berhasil membuat Lab | Valid      |

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Implementasi PNETLab pada Dinas Kominfo Kota Tangerang berhasil menyediakan platform Research and Development (R&D) yang terisolasi dari lingkungan produksi untuk meminimalisir risiko gangguan operasional. Secara teknis, sistem ini dibangun di atas infrastruktur server fisik menggunakan hypervisor Proxmox yang mengelola mesin virtual (VM) berbasis sistem operasi Ubuntu. Melalui arsitektur ini, PNETLab berfungsi sebagai lapisan emulasi yang memungkinkan tenaga teknis melakukan simulasi topologi jaringan kompleks dan pengujian konfigurasi multi-vendor secara virtual tanpa memerlukan perangkat keras fisik yang mahal.

Pengembangan sistem ini menggunakan metodologi PPDIIO (Prepare, Plan, Design, Implement, Operate) yang dibatasi hingga tahap operasi, memastikan setiap langkah dari perencanaan hingga pengoperasian berjalan terstruktur. Berdasarkan hasil pengujian fungsional, sistem dinyatakan valid karena pengguna berhasil melakukan autentikasi melalui antarmuka berbasis web dan mampu membuat laboratorium virtual untuk simulasi jaringan secara mandiri. Dengan demikian, platform ini efektif menjadi solusi media eksperimen dan validasi teknologi sebelum diterapkan pada sistem pemerintahan yang sesungguhnya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. D. Saputra, "Desain dan Implementasi Monitoring Infrastruktur Perangkat Jaringan Menggunakan GRAFANA dan PROMETHEUS," *JATISI (Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi)*, vol. 12, no. 3, pp. 29–47, Sep. 2025, doi: 10.35957/jatisi.v12i3.13055.
- [2] Okpatrioka, "Research And Development (R&D) Penelitian Yang Inovatif Dalam Pendidikan," *DHARMA ACARIYA NUSANTARA: Jurnal Pendidikan*, vol. 1, pp. 86–100, Mar. 2023.
- [3] F. Susanto, M. I. Dzulhaq, and A. Muis, "Pemisahan Trafik Data Network Menggunakan Mikrotik pada SkyBlue," *Academic Journal of Computer Science Research*, vol. 6, no. 1, pp. 69–73, Jan. 2024, doi: 10.38101/ajcsr.v6i1.10838.
- [4] I. P. Hariyadi, Raisul Azhar, Heroe Santoso, Khairan Marzuki, and I Made Yadi Dharma, "Implementation Of Continuous Integration/Continuous Deployment To Automate Computer Network Infrastructure Configuration Management," *TEKNIMEDIA: Teknologi Informasi*

- dan *Multimedia*, vol. 4, no. 2, pp. 168–181, Dec. 2023, doi: 10.46764/teknimedia.v4i2.127.
- [5] F. E. Azie, R. R. SAEDUDIN, and U. Y. K. S. H., “Best Practice Perancangan Fasilitas Bangunan Dan Data Center Layout Berdasarkan Tiering Level Standar TIA-942 Dengan Metode PPDIOO Di Pemerintah Kabupaten Bandung,” *Jurnal Rekayasa Sistem & Industri (JRSI)*, vol. 4, no. 02, p. 205, Dec. 2017, doi: 10.25124/jrsi.v4i01.161.
- [6] K. Andi Surya Negara, G. Saindra Santyadiputra, and G. Arna Jude Saskara, “Validitas Media Pembelajaran Jaringan Komputer Berbasis PNETLAB,” *KARMAPATI*, vol. 12, pp. 107–111, 2023, Accessed: Jan. 11, 2026. [Online]. Available: <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/KP/article/view/51777/27422>
- [7] Kadek Andi Surya Negara, Gede Saindra Santyadiputra, and Gede Arna Jude Saskara, “Validitas Media Pembelajaran Jaringan Komputer Berbasis Pnetlab,” *Kumpulan Artikel Mahasiswa Pendidikan Teknik Informatika (KARMAPATI)*, vol. 12, no. 1, pp. 107–111, Oct. 2023, doi: 10.23887/karmapati.v12i1.51777.
- [8] S. Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*, 2nd ed. Bandung: Alfabeta, 2023. [Online]. Available: [www.cvalfabeta.com](http://www.cvalfabeta.com)
- [9] Y. Suharya and N. Imamah, “Pengembangan Aplikasi Pembelajaran Jaringan Komputer Menggunakan PNetLab untuk Sekolah Menengah Kejuruan Jurusan Teknik Komputer dan Jaringan dengan Metode Web Based Learning,” *Jurnal Informatika –COMPUTING*, vol. 10, pp. 31–36, Jun. 2023, Accessed: Jan. 11, 2026. [Online]. Available: <https://ejournal.unibba.ac.id/index.php/computing/article/view/1152/943>
- [10] Novara Aulist Zakia, M. B. Ryando, and H. Agung, “Perbandingan Klasifikasi Tipe Kesuksesan Generasi Z Menggunakan Algoritma Naïve Bayes dan Decision Tree,” *TEMATIK*, vol. 12, no. 1, pp. 109–117, Jul. 2025, doi: 10.38204/tematik.v12i1.2334.
- [11] W. Steven, H. Agung, T. M. S. Mulyana, L. Hakim, and E. Sipayung, “Determining level of lies with GSR and heart rate parameters using Tsukamoto’s fuzzy logic method,” in *AIP Conference*, Bandung: AIP Publishing, Dec. 2023, p. 020016. doi: 10.1063/5.0119092.
- [12] C. INFORMATIKA, Yaya Suharya, Rosmalina, Nurul Imamah, and Hendryana, “Pengembangan Aplikasi Pembelajaran Jaringan Komputer Menggunakan Pnetlab Untuk Sekolah Menengah Kejuruan Jurusan Teknik Komputer Dan Jaringan Dengan Metode Web Based Learning,” *COMPUTING / Jurnal Informatika*, vol. 10, no. 01, pp. 31–36, Jun. 2023, doi: 10.55222/computing.v10i01.1152.
- [13] R. Rahmat azis and Sri Dianing Asri, “Analysis and Implementation of Mikrotik-Based Access Points Using Hubs with the PPDIOO Method,” *JSAI (Journal Scientific and Applied Informatics)*, vol. 8, no. 2, pp. 403–409, Jun. 2025, doi: 10.36085/jsai.v8i2.8465.
- [14] Y. P. Frederic Sitanggang, R. Meilano, and M. Hadi Saputra, “Optimalisasi Manajemen Bandwidth Pada Jaringan Internet Menggunakan Metode PPDIOO di Politeknik Jambi,” *ELTI - Jurnal Elektronika, Listrik dan Teknologi Informasi Terapan*, vol. 7, no. 1, pp. 44–46, 2025, [Online]. Available: <https://ojs.politeknikjambi.ac.id/elti>
- [15] C. Y. Maulida, M. Murhaban, and C. Mutia, “Perancangan Jaringan Point To Multipoint Menggunakan Metode Prepare, Plan, Design, Implement, Operate, Dan Optimize (PPDIOO) (Studi Kasus: Gedung U2C Lantai 4 Universitas Teuku Umar),” *Jurnal Teknologi Informasi*, vol. 4, no. 1, p. 42, May 2025, doi: 10.35308/jti.v4i1.11256.