

## Pengembangan Model Laboratorium Jaringan Virtual Menggunakan GNS3 Di SMKS Bhinneka Karya 5 Boyolali

### *Development of a Virtual Network Laboratory Model Using GNS3 at SMKS Bhinneka Karya 5 Boyolali*

Bayu Widodo<sup>1\*</sup>, Nur Aziezhah<sup>2</sup>, Aditya Wicaksono<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Sekolah Vokasi IPB, Bogor

<sup>2</sup>Sekolah Vokasi IPB, Bogor

<sup>3</sup>Sekolah Vokasi IPB, Bogor

\*Korespondensi penulis: [nuraziezhah@apps.ipb.ac.id](mailto:nuraziezhah@apps.ipb.ac.id)

---

#### Article History:

Received: 03 Maret 2023

Revised: 15 April 2023

Accepted: 01 Mei 2023

**Keywords:** GNS3, Network,  
Virtual Lab

**Abstract:** Vocational education prioritizes student skills, emphasizes direct learning, and organizes theoretical learning processes more effectively. To fulfill their competence in the field of computer networks, many Vocational High Schools (TKJ) facilitate students to work directly using network equipment. Unfortunately this method is not very efficient for teaching in the Lab. Network, especially if the class size is very large or constrained by limited computer network equipment/facilities. The purpose of the " Pengabdian Masyarakat Dosen Pulang Kampung IPB" activity which was carried out at SMKS 5 Bhinneka Karya Boyolali was to provide a practical and inexpensive option for carrying out computer network practicum activities by creating a "Virtual Network Laboratory". The solutions provided have helped overcome the problem of limited hardware and accessibility in network laboratories. The Virtual Network Laboratory gives students the ability to deploy virtual instances of network devices in real life.

---

#### Abstrak

Pendidikan vokasi mengutamakan keterampilan siswa, menekankan pembelajaran langsung, dan menyelenggarakan proses pembelajaran teoritis secara lebih efektif. Untuk memenuhi kompetensi mereka di bidang jaringan komputer, banyak Sekolah Menengah Kejuruan (TKJ) memfasilitasi siswa bekerja menggunakan peralatan jaringan secara langsung. Sayangnya cara ini tidak terlalu efisien untuk mengajar di Laboratorium Jaringan, terutama jika ukuran kelasnya sangat besar ataupun terkendala keterbatasan peralatan/ sarana jaringan komputer. Tujuan dari kegiatan "Pengabdian Masyarakat Dosen Pulang Kampung IPB" yang dilaksanakan di SMKS 5 Bhinneka Karya Boyolali ini adalah memberikan pilihan praktis dan murah untuk melakukan kegiatan praktikum jaringan komputer dengan cara membuat "Laboratorium Jaringan

Virtual". Solusi yang diberikan telah membantu mengatasi masalah keterbatasan perangkat keras dan aksesibilitas yang ada di laboratorium jaringan. Laboratorium Jaringan Virtual memberi siswa kemampuan untuk menerapkan instance virtual perangkat jaringan secara nyata.

**Kata Kunci:** GNS3, Jaringan, Virtual Lab.

## PENDAHULUAN

Kegiatan “Pengabdian Kepada Masyarakat Dosen Pulang Kampung” adalah suatu upaya yang dilakukan oleh IPB University untuk memberikan sumbangsih ilmu pengetahuan dan teknologi kepada masyarakat. Pada sisi lain, di era Revolusi Industri 4.0 yang ditandai dengan lebih dominannya Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IT) serta munculnya *Disruptive Technology* yang begitu cepat telah dan akan menjadi tantangan tersendiri bagi lembaga pendidikan menengah tidak terkecuali Sekolah Menengah Kejuruan (SMK). SMK harus mampu beradaptasi terhadap segala perubahan. Jangan sampai lulusan yang dihasilkan oleh SMK tidak dibutuhkan oleh dunia kerja dan industri (DUDI).

PP No 57 Tahun 2021 menyatakan bahwa standar kompetensi lulusan pada satuan pendidikan jenjang pendidikan menengah kejuruan difokuskan pada keterampilan untuk meningkatkan kompetensi peserta didik agar dapat hidup mandiri dan mengikuti pendidikan lebih lanjut sesuai dengan kejuruannya. Salah satu pengembangan strategi pembelajaran untuk meningkatkan kompetensi keterampilan peserta didik khususnya dilingkungan pendidikan vokasi (kejuruan) adalah melalui Teaching Factory (TEFA). TEFA merupakan model pembelajaran dengan konsep seperti pekerjaan yang ada di industri yang memberikan peserta didik memiliki pengalaman belajar yang lebih riil dengan mengutamakan penguasaan kompetensi.

SMK sebagai lembaga pendidikan formal dituntut untuk memperbaiki kualitas, mampu menghadapi iklim yang semakin kompetitif, berkembang secara dinamis dan mampu menyelenggarakan pendidikan berbasis kompetensi. SMK dituntut untuk mampu menghasilkan lulusan yang kompeten dalam bidang literasi data, literasi teknologi, dan literasi manusia sebagai tenaga kerja produktif dan profesional yang diakui secara global.

SMKS Bhinneka Karya 5 Teras Boyolali merupakan salah satu sekolah SMK di kota Boyolali yang memiliki Program Studi Teknik Komputer dan Jaringan (TKJ). Pada kurikulum SMK Program Studi TKJ terdapat beberapa kompetensi kejuruan yang harus dipenuhi oleh para siswa. Berdasarkan keterangan dari Kepala Sekolah SMKS Bhinneka Karya 5 Teras Boyolali, pelaksanaan pendidikan berbasis industri masih sebatas menghadirkan guru tamu. Perwujudan teaching factory di sekolah tersebut belum terlaksana dan masih mencari bentuk dalam pembuatan strategi dalam mewujudkannya.

Dalam kurikulum jurusan Teknik Komputer dan Jaringan terdapat beberapa kompetensi yang harus oleh peserta didik antara lain kemampuan membangun (merancang) jaringan komputer lokal (LAN), penguasaan jaringan komputer berbasis TCP/IP, dan kemampuan merancang layanan jaringan komputer. Untuk memenuhi kompetensi di bidang jaringan komputer materi

pembelajaran tidak cukup diberikan dengan teori di kelas, akan tetapi harus didukung dengan praktikum di laboratorium. Para siswa harus melakukan eksperimen langsung konsep yang sebelumnya diajarkan di kelas dengan menggunakan jaringan komputer nyata sehingga para siswa mendapatkan pengalaman yang lebih nyata dan lebih memahami konsep jaringan komputer secara teoritis.

Dalam lingkungan sekolah yang ideal, keberadaan laboratorium menjadi hal yang tidak terpisahkan. Lab jaringan terdiri dari perangkat keras seperti sejumlah komputer, printer, berbagai jenis kabel, switch, router dan komponen-komponen pembangun jaringan komputer lainnya. Tidak dapat dipungkiri bahwa tidak semua sekolah memiliki laboratorium yang cukup, atau bahkan belum memiliki laboratorium. Namun dengan terbatasnya ruang laboratorium, mahalnya harga perangkat yang sesuai standar DUDI, pihak SMKS Bhinneka Karya 5 Teras Boyolali dituntut aktif untuk mengembangkan model praktikum yang dapat menjadi solusi terbaik dari keterbatasan yang ada. Dibutuhkan suatu tindakan nyata bagaimana cara membantu SMKS Bhinneka Karya 5 Teras Boyolali dalam menyusun strategi dalam menghadirkan Teaching Factory di sekolah.

Merujuk pada penelitian Gil et al, Fomin, Karal et al.<sup>1</sup> bahwa salah satu cara untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan mengembangkan Lab Jaringan Virtual berbasis teknologi virtualisasi. Lab. Jaringan Virtual adalah program komputer yang dirancang untuk mensimulasikan pekerjaan dan eksperimen laboratorium nyata. Laboratorium komputer virtual menjadi bagian penting dalam proses pembelajaran ilmu komputer dan jaringan yang menggunakan blended learning (Ortega dan Agudo). (Ortega dan Agudo) berpendapat bahwa blended learning sudah menjadi tren dalam pendidikan dan dapat dianggap sebagai langkah pertama untuk mencapai pengalaman e-learning penuh. Lingkungan Laboratorium Virtual terdiri dari perangkat lunak dan dilengkapi dengan materi instruksional sebagai pedoman siswa melakukan eksperimen skenario "what-if"<sup>2</sup>.

Lab Virtual akan memfasilitasi para siswa mempelajari dasar-dasar konfigurasi jaringan yang mirip dengan kondisi nyata. GNS3 memungkinkan simulasi jaringan yang kompleks, karena menggunakan operating sistem asli dari perangkat jaringan seperti MikroTik, Cisco dan Juniper. Penerapan Lab Virtual selain dapat mengatasi keterbatasan ruang praktikum dan ketersediaan alat, Lab Virtual memungkinkan siswa untuk belajar jaringan dimanapun dan kapanpun yang diinginkan. Belajar dengan metode lab Virtual akan lebih menyenangkan, menarik dan interaktif, mempersingkat waktu pembelajaran yang pada akhirnya mampu meningkatkan kualitas hasil

---

<sup>1</sup> Pablo Gil et al., "Computer Networks Virtualization with GNS3," in *Proc IEEE Frontiers in Education Conference*, 2014, 2141–2144; Maxim Fomin, "GNS3 for Network Emulation" (2017); Lukas Karal, Berthold Rathke, and Wilko Reichwein, "VIDAR Lab: A Virtual Network Environment for Project-Based Learning of Undergraduate Students," in *2022 IEEE German Education Conference (GeCon)*, 2022, 1–6.

<sup>2</sup> R Goyal et al., "Laboratories for Data Communications and Computer Networks," in *FIE '98. 28th Annual Frontiers in Education Conference. Moving from "Teacher-Centered" to "Learner-Centered" Education. Conference Proceedings (Cat. No.98CH36214)*, vol. 3, 1998, 1113–1118 vol.3; Aditya Prapanca and I Made Suartana, "Simulasi Virtual Laboratorium Untuk Pengajaran Jaringan Komputer," *Journal of Information Engineering and Educational Technology* 1 (2017): 89; Borislav Djordjevic et al., "File System Performance Comparison in Full Hardware Virtualization with ESXi, KVM, Hyper-V and Xen Hypervisors," *Advances in Electrical and Computer Engineering* 21 (2021): 2021.

belajar dan menumbuhkan sikap positif dalam proses belajar mengajar.

Simulator jaringan merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk membuat representasi virtual dari jaringan IT<sup>3</sup>, salah satu program (aplikasi) simulator jaringan adalah Graphical Network Simulator 3 (GNS3). GNS3 merupakan salah satu produk simulasi jaringan yang open source yang dapat melakukan emulasi jaringan yang kompleks. Secara umum GNS3 didasarkan pada tiga konsep yakni: simulasi, emulasi dan virtualisasi. Simulator dapat melakukan tugas untuk meringkas perilaku jaringan dan komponennya, sementara emulator dapat menyalin perilaku jaringan untuk mendukungnya secara operasional (Helali 2020). Salah satu keunggulan GNS3 adalah dapat diintegrasikan ke jaringan fisik yang sudah ada. GNS3 mampu mereplikasi interface jaringan, router, hub dan peralatan jaringan lainnya. Saat ini GNS3 sudah didukung dengan software emulator lainnya seperti Qemu dan VirtualBox sehingga bisa diintegrasikan untuk melakukan simulasi Server (Linux Server/ Windows Server) maupun Host (Linux, Windows, Mac OS X, Free BSD, dll). Virtualisasi jaringan menggunakan GNS3 memberikan keuntungan dan kemudahan bagi siswa antara lain: (1) memungkinkan siswa belajar menganalisis traffic jaringan tanpa menggunakan perangkat fisik nyata. Kerumitan atau masalah konfigurasi konektivitas dapat dikurangi bahkan dihilangkan sama sekali, (2) memungkinkan siswa dapat belajar, melaksanakan praktikum jaringan komputer di mana saja dan kapan saja di luar kelas/ laboratorium, (3) siswa tidak membutuhkan otorisasi khusus untuk log in ke dalam laboratorium virtual, (4) virtualisasi menjadi pilihan atau solusi akan terbatasnya ruang laboratorium dan mahalnya perangkat jaringan komputer.

Selain bertujuan meningkatkan pembelajaran dan memberi pengalaman kepada para siswa dengan lingkungan virtual juga untuk memberikan skill/ ketrampilan, pengetahuan, attitude/ sikap dan wawasan teknologi yang dibutuhkan di era Revolusi Industri 4.0, pengabdian yang dilaksanakan dapat memberikan implikasi pada kesiapan sumber daya manusia yang terampil dan inovatif dalam dunia tenaga kerja.

Selain itu secara lebih khusus, tujuan dilakukan kegiatan pengabdian masyarakat melalui program Dosen Pulang Kampung adalah:

1. Untuk memberikan pengalaman dengan contoh (learning by doing) kepada para siswa yang memiliki sedikit atau tidak ada pengetahuan tentang jaringan komputer.
2. Untuk memberikan solusi keterbatasan ruang laboratorium komputer, peralatan jaringan komputer dan standar peralatan jaringan komputer bagi mitra.
3. Untuk memberikan model pembelajaran jaringan komputer yang dapat dilakukan dimana saja, kapan saja dengan lebih menyenangkan, menarik dan interaktif yang pada gilirannya akan mampu mempersingkat waktu pembelajaran dan meningkatkan kualitas hasil belajar para siswa.

---

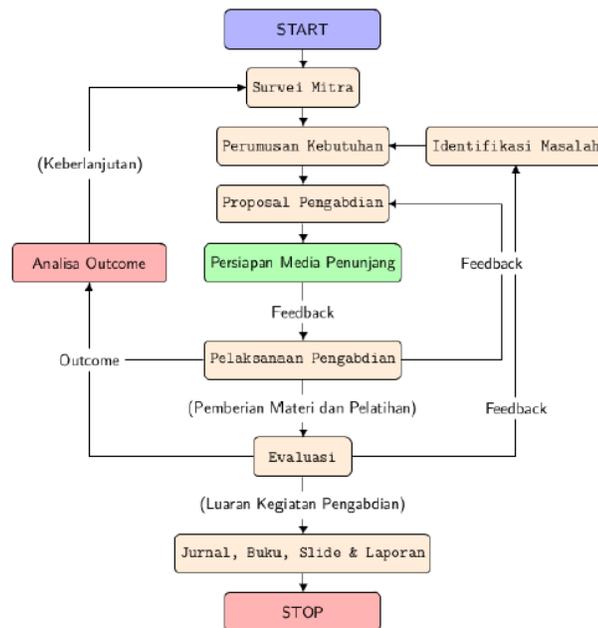
<sup>3</sup> Irfan Syamsuddin, "A Virtual Lab Model to Integrate Computer Networking Courses," 2017; Mashal Alqudah and Rozilawati Razali, "A Review of Scaling Agile Methods in Large Software Development," *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology* 6, no. 6 (2016): 828–837; Karal, Rathke, and Reichwein, "VIDAR Lab: A Virtual Network Environment for Project-Based Learning of Undergraduate Students"; R Mohtasin et al., "Development of a Virtualized Networking Lab Using GNS3 and VMware Workstation," n.d.

Menurut Robani et al.<sup>4</sup>, metode *learning-by-doing* menekankan pada peran aktif siswa, memungkinkan mereka mempelajari informasi tentang topik yang disajikan oleh guru, memungkinkan siswa untuk secara langsung mengamati dan mempraktikkan selama proses pembelajaran. Selanjutnya Robani et al.<sup>5</sup> berpendapat bahwa metode *learning-by-doing* menekankan pada peran aktif siswa yang memungkinkan siswa mempelajari informasi tentang topik yang disajikan oleh guru dan memungkinkan siswa untuk secara langsung mengamati dan mempraktikkan selama proses pembelajaran. Dalam kesimpulannya metode *learning-by-doing* membantu siswa untuk menumbuhkan kemampuan belajar aktif dalam proses pembelajaran.

Manfaat yang dapat diperoleh dari penerapan Lab. Jaringan Virtual yakni siswa dapat melaksanakan proses pembelajaran dengan efektif dan dapat melakukan latihan ujian UKK hanya dengan sebuah laptop atau Personal Computer (PC). Adanya laboratorium virtual akan dapat menutupi kekurangan sarana dan prasarana di laboratorium komputer yang pada gilirannya keberadaan laboratorium virtual ini akan membantu dan mempermudah proses belajar siswa.

## METODE

Dengan dukungan sepenuhnya dari para Dosen sekolah Vokasi dan para Guru SMK Bhinneka Karya 5 sebagai mitra, pelaksanaan kegiatan pengabdian diawali dengan tahapan persiapan yakni dengan melakukan koordinasi dengan pihak mitra, kemudian dilanjutkan dengan tahapan pelaksanaan kegiatan pelatihan, tahapan evaluasi, penyusunan laporan kegiatan. Luaran kegiatan ini berupa publikasi jurnal ilmiah tentang pengabdian masyarakat dosen pulang kampung. Tahapan kegiatan pengabdian dapat dilihat pada Gambar 1.



<sup>4</sup> Melia Robani et al., "Metode Learning by Doing Dalam Mengoptimalkan Kualitas Belajar Siswa SMP," *Jurnal Ilmiah Edukasia* 1 (2021): 24–30.

<sup>5</sup> Ibid.

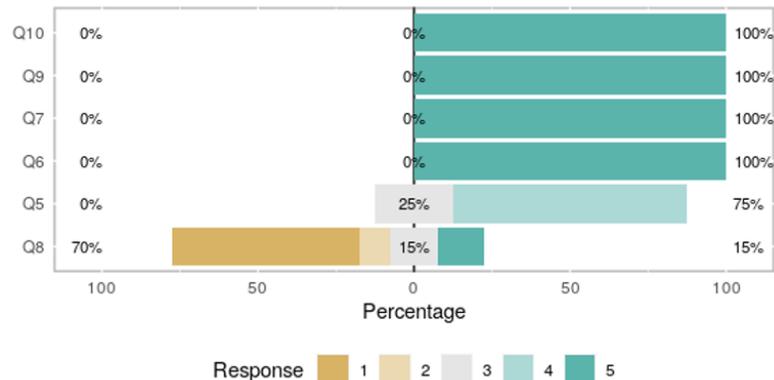
### Gambar 1. Tahap Kegiatan Pengabdian

#### HASIL

Pelatihan disusun sebagai satu set sesi berdasarkan model presentasi yang diawali dengan menjelaskan konsep dasar jaringan terutama prinsip pengalamatan di dalam jaringan dan teknik membagi jaringan (subnetting). Dua perangkat lunak utama yang digunakan untuk menerapkan laboratorium komputer virtual ini adalah perangkat lunak simulasi Jaringan GNS3 dan Manajer Mesin Virtual VirtualBox. Pemberian materi dan pelatihan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pemberian Materi dan Pelatihan

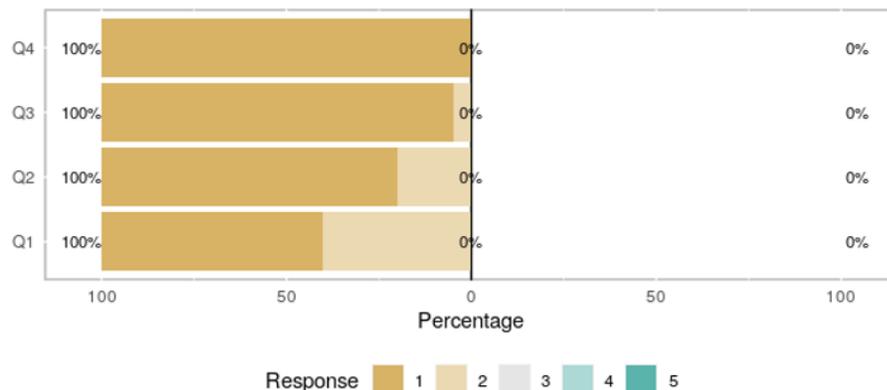


Gambar 3. Tingkat Kepemilikan dan Penggunaan Sarana Informasi

Gambar 3 memperlihatkan jawaban dari 6 pertanyaan. Pertanyaan tersebut yakni Q5: Saya biasa menggunakan mesin pencari seperti google. Q6: Saya memiliki akun email di gmail atau yang lain. Q7: Saya memiliki akun media sosial (Instagram, Facebook dan Twitter). Q8: Saya tahu/ bisa menggunakan atau memiliki personal komputer (PC) atau laptop. Q9: Saya memiliki Smartphone yang biasa digunakan untuk mengakses internet. Q10: Institusi menyediakan perangkat keras seperti router wifi di beberapa titik area sekolah untuk mengakses internet. Secara singkat para siswa dilatih bagaimana cara menginstal, menjalankan GNS3 dan membuat topologi jaringan sederhana di GNS3, dasar-dasar perintah MikroTikRouterOS serta bagaimana siswa dapat menangkap dan menganalisis paket menggunakan Wireshark.

Kegiatan Pelatihan Jaringan Komputer Berbasis Virtual Laboratorium Menggunakan GNS3 di SMK Binneka Karya 5 diikuti sebanyak 20 orang peserta yang kesemuanya merupakan siswa kelas XI di SMK Binneka Karya 5. Hampir seluruh siswa yang terlibat dan menjadi partisipan memiliki literasi teknologi yang tinggi. Seluruh peserta mempunyai gadget, media sosial dan search engine Google dalam aktivitas kesehariannya (Pertanyaan Q5, Q6, Q7 dan Q9). Dari sisi kepemilikan Personal Komputer atau akses ke Personal Computer para siswa termasuk dalam kategori "Low" (Pertanyaan Q8). Profil literasi siswa terhadap teknologi ditunjukkan pada Gambar 3.

Akses yang luas pada sumber informasi di dunia maya ternyata tidak diikuti dengan budaya literasi dalam hal konsep jaringan komputer yang menjadi kompetensi mereka. Dari pertanyaan yang diajukan (Pertanyaan Q1, Q2, Q3 dan Q4) hampir seluruhnya para siswa tidak/ belum memahami konsep jaringan komputer maupun software atau tool yang dapat digunakan untuk membantu proses belajar mereka. Secara keseluruhan tingkat literat siswa terhadap bidang kompetensi yang dipilih masih dalam kategori "Low". Gambar 3 menunjukkan tingkat literat para siswa yang diwakili oleh 4 pertanyaan, yakni Q1: Saya memahami apa itu Jaringan Komputer. Q2: Saya memahami apa itu TCP/IP. Q3: Saya mengenal apa itu GNS3. Q4: Menurut saya virtual Lab membantu saya dalam belajar.

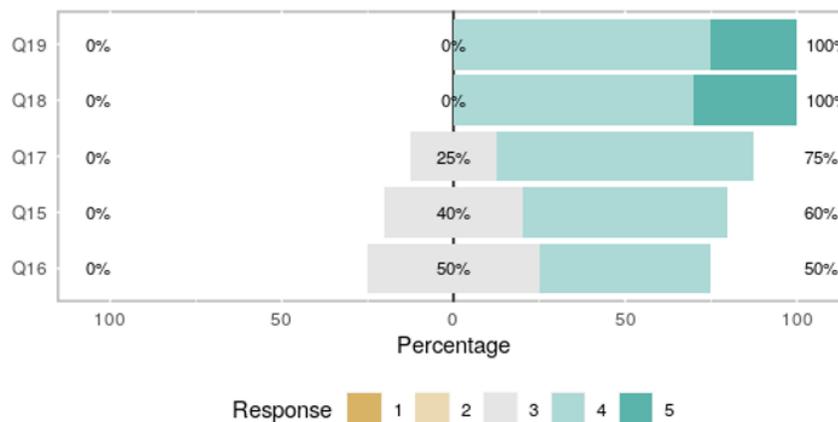


**Gambar 4. Tingkat Literasi Awal Pemahaman GNS3**

Gambar 4 menunjukkan persepsi siswa terhadap pelatihan virtual Lab dan GNS3 yang telah diberikan. Hal ini diwakili 4 pertanyaan, yakni Q11: Materi Pelatihan yang diberikan sesuai dengan kompetensi prodi. Q12: Saya menguasai materi pelatihan yang diberikan dengan cepat.. Q13: Tingkat kenyamanan dan suasana pelaksanaan pelatihan. Q14: Sekolah memberikan sosialisasi terhadap pelatihan yang akan anda dapatkan. Q20: Pelatihan yang diselenggarakan memiliki sasaran yang jelas dan bermanfaat. Q21: Pelatihan memotivasi saya agar dapat belajar lebih giat lagi. Para siswa menyadari bahwa materi yang telah diberikan sesuai dengan prodi yang mereka ambil (Pertanyaan Q11) dan memotivasi mereka untuk lebih giat belajar (Pertanyaan Q21). Kegiatan siswa dalam berliterasi semestinya tidak lepas dari kontribusi guru. Guru sebaiknya berupaya menjadi fasilitator yang berkualitas (Pertanyaan Q13 dan Q14).

Gambar 5 menunjukkan tingkat persepsi siswa terhadap pelatihan yang telah dilakukan

yang diwakili dengan 5 pertanyaan, yakni Q15: Materi Pelatihan yang diberikan sesuai dengan kompetensi prodi. Q16: Tingkat ketepatan metode pelatihan yang digunakan dengan penyampaian materi. Q17: Metode pelatihan yang diberikan menarik. Q18: Pelatihan dipandu oleh instruktur yang sesuai. Q19: Instruktur bekerja secara profesional dalam pelatihan. Persepsi para siswa terhadap pelaksanaan pelatihan dan penilaian kepada instruktur secara keseluruhan memberikan penilaian yang baik. Dari cara penyampaian materi, para siswa memberikan skor 4.30 dari 5. Sekitar 75 persen peserta memberikan penilaian "High" terhadap metode yang diberikan dan hanya 25 persen menyatakan netral (Pertanyaan Q17). Saat ditanya kembali tentang kesesuaian materi yang diberikan dengan mata pelajaran yang mereka peroleh selama ini, 60 persen menjawab "High" dan 40 persennya menjawab "Netral". Skor 3.60 dari skala 5 (Pertanyaan Q15). Angka ini tidak berbeda jauh saat para siswa ditanyakan tentang ketepatan materi dan metode yang digunakan. Para siswa memberikan skor 3.50 dari 5 (Pertanyaan Q16).



Gambar 5. Tingkat Persepsi Siswa

## KESIMPULAN

Perangkat lunak GNS3 adalah software pemodelan open source yang berbasis GUI menjadi satu-satunya sarana yang diperlukan untuk kegiatan pembelajaran pendidikan di bidang jaringan secara virtual. GNS3 dapat mensimulasikan banyak sistem perangkat jaringan, yang memungkinkan siswa untuk membuat desain jaringan sederhana sampai yang kompleks secara real dan mudah dipraktikkan secara langsung kepada siswa. Praktek pelatihan memanfaatkan laboratorium virtual menjadi sangat penting bagi mereka yang literasi komputernya masih rendah. Secara keseluruhan hasil pelatihan menunjukkan hasil yang positif. Laboratorium virtual menggunakan GNS3 telah memberikan kemudahan pemahaman bagi siswa tentang konsep jaringan TCP/IP dan memberikan pengalaman belajar langsung/ praktis materi jaringan komputer.

## PENGAKUAN/ACKNOWLEDGEMENTS

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) IPB yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan terkait pelaksanaan kegiatan ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Kepala Sekolah serta guru dan staff SMK S Bhinneka Karya 5 Boyolali yang telah bersedia dan mau meluangkan waktunya untuk menjadi mitra kegiatan pengabdian masyarakat ini.

## DAFTAR REFERENSI

- Alqudah, Mashal, and Rozilawati Razali. "A Review of Scaling Agile Methods in Large Software Development." *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology* 6, no. 6 (2016): 828–837.
- Djordjevic, Borislav, Valentina Timcenko, Nenad Kraljevic, and Nemanja Maček. "File System Performance Comparison in Full Hardware Virtualization with ESXi, KVM, Hyper-V and Xen Hypervisors." *Advances in Electrical and Computer Engineering* 21 (2021): 2021.
- Fomin, Maxim. "GNS3 for Network Emulation" (2017).
- Gil, Pablo, Gabriel J Garcia, Angel Delgado, Rosa M Medina, Antonio Calderon, and Patricia Marti. "Computer Networks Virtualization with GNS3." In *Proc IEEE Frontiers in Education Conference*, 2141–2144, 2014.
- Goyal, R, S Lai, R Jain, and A Durrezi. "Laboratories for Data Communications and Computer Networks." In *FIE '98. 28th Annual Frontiers in Education Conference. Moving from "Teacher-Centered" to "Learner-Centered" Education. Conference Proceedings (Cat. No.98CH36214)*, 3:1113–1118 vol.3, 1998.
- Karal, Lukas, Berthold Rathke, and Wilko Reichwein. "VIDAR Lab: A Virtual Network Environment for Project-Based Learning of Undergraduate Students." In *2022 IEEE German Education Conference (GeCon)*, 1–6, 2022.
- Mohtasin, R, P W C Prasad, Abeer Alsadoon, George Zajko, A Elchouemi, and Ashutosh Kumar Singh. "Development of a Virtualized Networking Lab Using GNS3 and VMware Workstation," n.d.
- Prapanca, Aditya, and I Made Suartana. "Simulasi Virtual Laboratorium Untuk Pengajaran Jaringan Komputer." *Journal of Information Engineering and Educational Technology* 1 (2017): 89.
- Robani, Melia, Fia Rachim, Amelia Febriani, and Ega A. "Metode Learning by Doing Dalam Mengoptimisasi Kualitas Belajar Siswa SMP." *Jurnal Ilmiah Edukasia* 1 (2021): 24–30.
- Syamsuddin, Irfan. "A Virtual Lab Model to Integrate Computer Networking Courses," 2017.