

Redesain Remote Laboratorium Rumpun Mata Kuliah Jaringan FTI UKDW dengan Pendekatan Modular

Olivia Julfasinta¹, Gani Indriyanta², Willy Sudiarto Raharjo³

Program Studi Informatika, Universitas Kristen Duta Wacana

Jl. Dr. Wahidin Sudirohusodo No. 5-25, Yogyakarta

olivia.julfasinta@ti.ukdw.ac.id,

ganind@staff.ukdw.ac.id,

willysr@ti.ukdw.ac.id

Abstract— The implementation of a remotely accessible network laboratory at FTI UKDW commenced in 2022, utilizing a VPN (Virtual Private Network) based remote system. Previous research identified several technical challenges in its implementation, coupled with periodic subscription cost constraints. Consequently, this study aims to redesign the system by adopting port forwarding as an alternative, with the expectation of optimizing the remote laboratory implementation while reducing maintenance costs. This research focuses on analyzing the performance quality of the redesigned remote laboratory using the port forwarding method. Additionally, the study aims to measure the level of comfort among students in using the remote network laboratory system through the collection of questionnaire data. The results of the research indicate that the redesign with the port forwarding method can be implemented as expected. Students expressed a high level of satisfaction, reaching 50%, with the majority finding it easy to access practical tools and considering the system user-friendly.

Intisari— Penerapan laboratorium jaringan yang dapat diakses secara remote di FTI UKDW dimulai pada tahun 2022 dengan menggunakan sistem remote berbasis VPN (Virtual Private Network). Penelitian sebelumnya mengidentifikasi beberapa kendala teknis dalam implementasinya dan menimbulkan kendala biaya berlangganan berkala. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki tujuan untuk melakukan perancangan ulang sistem dengan mengadopsi metode port forwarding sebagai alternatif yang diharapkan dapat mengoptimalkan penerapan remote laboratorium sambil mengurangi biaya pemeliharaan. Penelitian ini fokus pada analisis terhadap kualitas performa dari desain remote laboratorium dengan menggunakan metode port forwarding. Selain itu, penelitian juga bertujuan untuk mengukur tingkat kenyamanan mahasiswa dalam menggunakan sistem jaringan remote laboratorium melalui pengumpulan data kuesioner. Dari hasil penelitian, perancangan ulang dengan metode port forwarding dapat diimplementasikan sesuai dengan skenario yang diharapkan. Mahasiswa menunjukkan tingkat kepuasan yang tinggi, mencapai 50%, dengan sebagian besar merasa mudah dalam mengakses alat praktikum dan menilai sistem ini user-friendly.

Kata Kunci— port forwarding, remote, redesign.

I. PENDAHULUAN

Selama 3 tahun pandemi Covid19 melanda Indonesia memberikan tuntutan yang besar pada sektor pendidikan. Dunia pendidikan perlu mengubah pola pembelajaran yang awalnya tatap muka menjadi pembelajaran jarak jauh dengan

waktu yang sangat singkat. Langkah ekstrim ini diambil agar penyebaran wabah yang terjadi tidak merenggut hak belajar anak-anak bangsa, tanpa harus mengabaikan kesehatan dan keselamatan jiwa.

Kemendikbud merespon hal tersebut dengan mengeluarkan Surat Edaran No. 4 Tahun 2020 [1] terkait pelaksanaan proses belajar-mengajar selama masa pandemi. Salah satu poin di dalamnya adalah proses pembelajarannya dapat dilakukan secara variatif menyesuaikan dengan kebutuhan dengan mempertimbangkan akses/fasilitas belajar. Praktikum mendesain jaringan komputer dengan menggunakan program simulator dapat menunjang kebutuhan praktikum dan menjaga semangat belajar mahasiswa tanpa mengabaikan surat edaran yang berlaku [2].

Praktikum jaringan komputer dengan menggunakan simulator hanya memenuhi prinsip keilmuan, namun tidak dapat mewakili praktikum riil secara 100%. Keterbatasan program simulator dapat diatasi melalui model praktikum yang bisa mengakses piranti-piranti jaringan secara remote. Model praktikum ini memungkinkan alat-alat jaringan dapat diakses langsung oleh mahasiswa dari mana saja tanpa harus hadir di laboratorium. Piranti-piranti jaringan pada model praktikum remote dapat diakses kapanpun dan dimanapun sehingga memudahkan mahasiswa tanpa harus terikat dengan waktu perkuliahan. Penerapan remote laboratorium menjadikan proses belajar menjadi lebih fleksibel sekaligus menjawab kebutuhan mahasiswa untuk mendapatkan pengalaman riil ketika mengakses langsung alat-alat jaringan [3].

Penerapan laboratorium jaringan yang dapat diakses remote pada FTI UKDW mulai dilakukan pada tahun 2022. Sistem remote yang diterapkan pada laboratorium rumpun jaringan FTI UKDW memanfaatkan penggunaan VPN (Virtual Private Network). Hal ini, dikarenakan laboratorium rumpun jaringan FTI UKDW hanya memiliki ip address yang bersifat private untuk terhubung ke internet. Protokol Open-VPN dipilih dalam pembuatan jaringan remote laboratorium. Kemudahan Konfigurasi dan kebutuhan bandwidth yang relatif kecil menjadikan alasan protokol ini dinilai paling sesuai dalam penerapan remote laboratorium. Hadirnya sistem remote laboratorium ini mampu berjalan dan berperan dengan baik dalam membantu mahasiswa melakukan praktikum. Hal ini dapat dilihat dari tingkat pemahaman mahasiswa yang mencapai 62,5% dalam memahami topologi remote laboratorium [3]. Berdasarkan

implementasi yang sudah dilakukan oleh peneliti sebelumnya, ada beberapa hal yang perlu diperbaiki dalam desain. Penerapan topologi remote laboratorium yang digunakan, secara teknis di lapangan peneliti menemukan beberapa kendala, yaitu koneksi alat pada jaringan wireless memiliki konektivitasnya kurang stabil, oleh karena itu mahasiswa mengalami kesulitan dalam mengakses alat-alat kebutuhan praktikum. Jaringan wireless bekerja dengan menggunakan gelombang radio sehingga konektivitas yang kurang stabil disebabkan karena adanya interferensi. Penyebab terjadinya interferensi adalah piranti-piranti pada ruang laboratorium rumpun jaringan bekerja pada frekuensi 2,4 Ghz dan hanya memiliki 13 channel. Piranti-piranti tersebut memiliki jarak yang berdekatan satu sama lain dalam satu ruangan sehingga channel atau interval yang digunakan saling bertabrakan.

Selain itu, kendala teknis yang ditemukan pada sistem ini adalah implementasi dari Open-VPN. Meskipun penggunaan Open-VPN memberikan kemudahan dalam hal Konfigurasi namun, memerlukan biaya berlangganan yang harus dibayarkan secara berkala. Biaya pemeliharaan yang relative tidak sedikit menjadikan alasan perlu adanya alternatif lain dalam menerapkan sistem remote laboratorium. Berdasarkan permasalahan yang dihadapi maka pada penelitian ini akan melakukan perancangan ulang yang mampu mengoptimalkan penerapan remote laboratorium dengan memanfaatkan metode port forwarding sehingga dapat memfasilitasi mahasiswa untuk memenuhi kebutuhan praktikum pada seluruh mata kuliah rumpun jaringan.

II. LANDASAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka

Sejumlah penelitian telah mengkaji penggunaan simulator dalam praktikum jaringan komputer untuk mengatasi keterbatasan waktu dan alat di laboratorium. Namun, penelitian yang fokus pada remote laboratorium masih terbatas. Laboratorium praktikum diartikan sebagai ruang dengan peralatan untuk eksperimen, sementara praktikum adalah kegiatan uji teori dalam kondisi nyata. Beberapa penelitian, seperti yang dilakukan oleh Sari dkk [2], membandingkan simulator Cisco Packet Tracer dan Graphical Network Simulator 3, menemukan bahwa GNS3 lebih efektif dengan pencapaian nilai siswa 76,67 dibandingkan Cisco Packet Tracer yang mencapai 70.

Penelitian lain, seperti yang dilakukan oleh [4], mengimplementasikan remote alat jaringan dengan VPN-PPTP agar mahasiswa dapat melakukan praktikum secara riil tanpa harus hadir di laboratorium. Mahasiswa memberikan tingkat kemanfaatan sebesar 62,5%, sementara kelancaran sistem mencapai 70%. Sebuah studi redesain topologi jaringan [5] di kantor pemerintahan Prabumulih menggunakan metode top-down untuk memaksimalkan pendistribusian data dengan mempertimbangkan kebutuhan kantor.

Pendekatan port forwarding pada robot outdoor agar aplikasi Robot Operating System dapat didistribusikan ke beberapa jaringan sistem ROS secara jarak jauh. Mereka menemukan bahwa port forwarding, meskipun memerlukan waktu persiapan lebih lama, memiliki tingkat keberhasilan

yang setara dengan solusi berbasis cloud [6]. Penelitian lainnya [7] mengeksplorasi berbagai skenario port forwarding sebagai teknik untuk mengakses komputer secara jarak jauh pada suatu LAN.

B. Metode Modular

Penggunaan metode modular dalam mendesain jaringan komputer adalah dengan cara membagi jaringan menjadi beberapa bagian/module, yang mana setiap modul bisa dilakukan pengujian tanpa mempengaruhi modul yang lainnya. Penggunaan metode ini lebih mudah dan minim resiko ketika ingin melakukan troubleshooting dan maintenance. Hal ini dikarenakan setiap modul dirancang dan diuji secara terpisah sebelum tergabung dalam jaringan yang lebih besar. Sehingga perubahan yang diperlukan dapat dilakukan secara fleksible [8].

C. Router

Router adalah perangkat jaringan yang menghubungkan beberapa perangkat ke Internet atau jaringan lokal. *Router* menerima paket data dari satu jaringan dan meneruskannya ke jaringan lain, menentukan jalur yang paling efisien untuk perjalanan data. Fungsi lain dari *Router* yaitu berperan sebagai DHCP server, yaitu memberikan alamat IP kepada client yang ada pada jaringan yang sama dengan *Router* [8]. Agar komunikasi antara jaringan lokal dan internet dapat terjadi, maka diperlukan Konfigurasi NAT yang mampu menerjemahkan alamat ip *private* menjadi ip *public*. Konfigurasi NAT dilakukan untuk mengatasi keterbatasan jumlah ip public IPv4 yang tersedia dan mampu menjaga keamanan sumber daya jaringan lokal karena terpisah dari jaringan internet secara langsung [9].

D. Switch

Switch adalah perangkat jaringan layer 2 yang berperan menghubungkan perangkat di jaringan area lokal (LAN). Fungsi utama switch adalah untuk meneruskan paket data antar perangkat di jaringan, menggunakan alamat MAC (*Media Access Control*) tujuannya untuk menentukan port yang sesuai untuk mengirimkan paket. Alamat MAC adalah alamat fisik pada semua perangkat jaringan yang diberikan pada saat perangkat terkait dibuat di pabrik. Perpindahan paket data ini didasari pada alamat MAC yang tercatat pada Tabel MAC yang ada di RAM switch. Tabel MAC merupakan kumpulan alamat MAC dari sumber *frame* yang masuk ke switch. Switch akan membaca alamat yang ditunjukkan oleh header *frame*, lalu apabila alamat tujuan ada pada table MAC maka *frame* akan diteruskan sesuai dengan portnya. Apabila tidak, *frame* akan dikirimkan ke semua port yang aktif pada switch [8].

E. Port Forwarding

Konsep dari *Port forwarding* adalah tidak memiliki dependensi. Basis idenya adalah memungkinkan terjadinya komunikasi antara perangkat eksternal terhubung ke perangkat atau layanan tertentu secara pribadi melalui kombinasi port number. *Port forwarding* biasanya diKonfigurasi pada *Router* atau firewall, yang bertindak sebagai gateway antara jaringan pribadi dan Internet. *Router*

atau firewall diKonfigurasi untuk mencatat lalu lintas jaringan yang masuk pada port tertentu dan kemudian meneruskan lalu lintas itu ke perangkat atau layanan tertentu di jaringan pribadi [7]. Misalnya, server web yang berjalan di komputer pada jaringan pribadi, *Port forwarding* dapat diKonfigurasi di *Router* atau firewall untuk mengalihkan lalu lintas web yang masuk ke port 80 di komputer itu. Hal ini memungkinkan pengguna di Internet untuk mengakses server web dengan mengetikkan alamat IP publik *Router* atau firewall. *Port forwarding* dapat berguna untuk berbagai tujuan, seperti akses jarak jauh ke jaringan rumah seperti mengembangkan *smart home* dengan keamanan [10]. Menghosting server game online, atau konsep *Port forwarding* juga digunakan sebagai opsi dalam melakukan *remote Robot Operating System* [6].

F. Routing

Fungsi utama dari *Router* adalah meneruskan paket ke tujuan dengan menggunakan jalur yang terbaik. Router membutuhkan table routing untuk menemukan jalur mana yang terbaik untuk mengirimkan paket ke jaringan lain. Routing adalah suatu protocol untuk menemukan suatu jalur internet dari satu jaringan menuju jaringan lainnya. table routing berisikan daftar jaringan yang sudah dikenali oleh *Router*. Umumnya terdapat dua cara untuk menambahkan jaringan ke dalam table routing, yaitu secara statis atau dinamis. Secara statis artinya administrator jaringan melakukan Konfigurasi rute secara manual. Berbeda dengan routing statis, routing dinamis akan secara otomatis merubah rute secara acak menyesuaikan dengan perubahan yang terjadi tanpa ada *interferensi* dari administrator jaringan [11].

Routing statis dapat dilakukan dengan cara :

- Administrator jaringan melakukan Konfigurasi Router
- Setelah itu *Router* melakukan routing berdasarkan informasi pada tabel routing.
- Agar dapat berfungsi dalam megirimkan paket data Routing statis pada *Router* hanya dapat diatur secara manual dengan perintah **ip route**.

Dalam melakukan routing secara statis terdapat 4 paramater yang perlu diperhatikan, keempatnya adalah network-address, subnet-mask, ip-addresss, dan exit – interface [12]

III. METODOLOGI PENELITIAN

Proses penelitian dilakukan dengan beberapa tahapan sebagai berikut analisis kebutuhan sistem, perancangan ip address, perancangan port number, perancangan pengujian, implementasi, pengujian dan analisis hasil.

A. Analisis Kebutuhan Sistem

1. Kebutuhan Hardware

- 1 Router Mikrotik sebagai Router Central laboratorium jaringan FTI UKDW

- 12 Router Cisco yang digunakan untuk praktikum di laboratorium jaringan FTI UKDW
- 12 Router Mikrotik yang digunakan untuk praktikum di laboratorium jaringan FTI UKDW
- 4 Router Mikrotik sebagai router distrubsi pada setiap Blok di laboratorium jaringan FTI UKDW
- 12 Switch Cisco yang digunakan untuk praktikum di laboratorium jaringan FTI UKDW
- 4 Swich Cisco sebagai switch penghubung dan distrubsi koneksi internet pada setiap Blok di laboratorium jaringan FTI UKDW
- 36 Kabel Crossover untuk menghubungkan setiap swtich pada setiap Blok di di laboratorium jaringan FTI UKDW

2. Kebutuhan Software

- Aplikasi Winbox untuk melakukan Konfigurasi pada piranti dari vendor Mikrotik
- Aplikasi Putty untuk melakukan Konfigurasi pada alat dari vendor Cisco

B. Perancangan IP Address

TABEL I
IP ADDRESS BLOK 1

Blok	Vendor	Piranti	Interface	IP address
BLOK 1	Mikrotik	Router Gateway	Eth 1	192.168.12.10
			Ke arah cisco (eth 2,3,4)	10.1.0.1
			Ke arah mikrotik (eth 6,7,8)	192.168.10.1
	Cisco	Router C 1.1	Fa0/1	10.1.0.11
	Cisco	Router C 1.2	Fa0/1	10.1.0.12
	Cisco	Router C 1.3	Fa0/1	10.1.0.13
	Mikrotik	Router M 1.1	Eth 1	192.168.10.11
	Mikrotik	Router M 1.2	Eth 1	192.168.10.12
	Mikrotik	Router M 1.3	Eth 1	192.168.10.13
	Cisco	SW Penghubung	VLAN 100	172.17.100.10
	Cisco	SW 1.1	VLAN 100	172.17.100.11
	Cisco	SW 1.2	VLAN 100	172.17.100.12
	Cisco	SW 1.3	VLAN 100	172.17.100.13

Pada Tabel 1 dapat dilihat informasi terkait seluruh alat yang digunakan pada penelitian kali ini. Informasi yang dimuat pada Table 1 mencakup nama vendor alat, nama alat, interface yang digunakan beserta ip address yang disematkan pada masing-masing interface dan juga informasi terkait network dari setiap ip address yang digunakan. Seluruh informasi ini dikelompokkan sesuai lokasi alat pada Blok yang ada di laboratorium jaringan FTI UKDW.

C. Perancangan Nomor Port

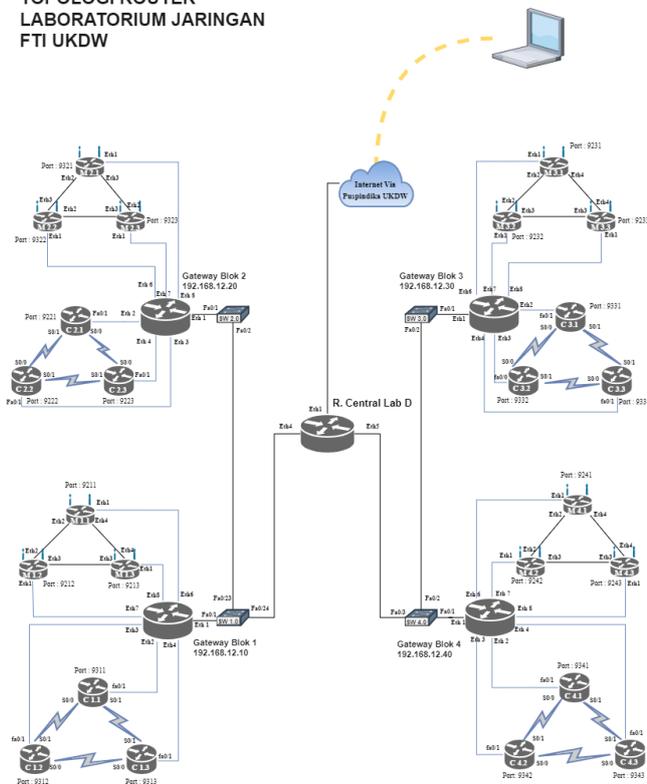
TABEL II
PORT NUMBER

Blok	Vendor	Piranti	Port Number	IP address
Blok 1	Cisco	Router C 1.1	9311	10.1.0.11
	Cisco	Router C 1.2	9312	10.1.0.12
	Cisco	Router C 1.3	9313	10.1.0.13
	Mikrotik	Router M 1.1	9211	192.168.10.11
	Mikrotik	Router M 1.2	9212	192.168.10.12
	Mikrotik	Router M 1.3	9213	192.168.10.13
Blok 1	Cisco	SW 1.1	9411	172.17.100.11
	Cisco	SW 1.2	9412	172.17.100.12
	Cisco	SW 1.3	9413	172.17.100.13

Tabel 2 berisikan daftar port number yang pada setiap perangkat router Mikrotik dan Cisco yang digunakan mahasiswa untuk melakukan praktikum. Pada Table 2 berisikan informasi terkait Blok yang ada di laboratorium jaringan, nama router, IP address masing-masing router dan nomor port yang digunakan untuk mengakses router secara remote.

D. Perancangan Topologi

TOPOLOGI ROUTER
LABORATORIUM JARINGAN
FTI UKDW



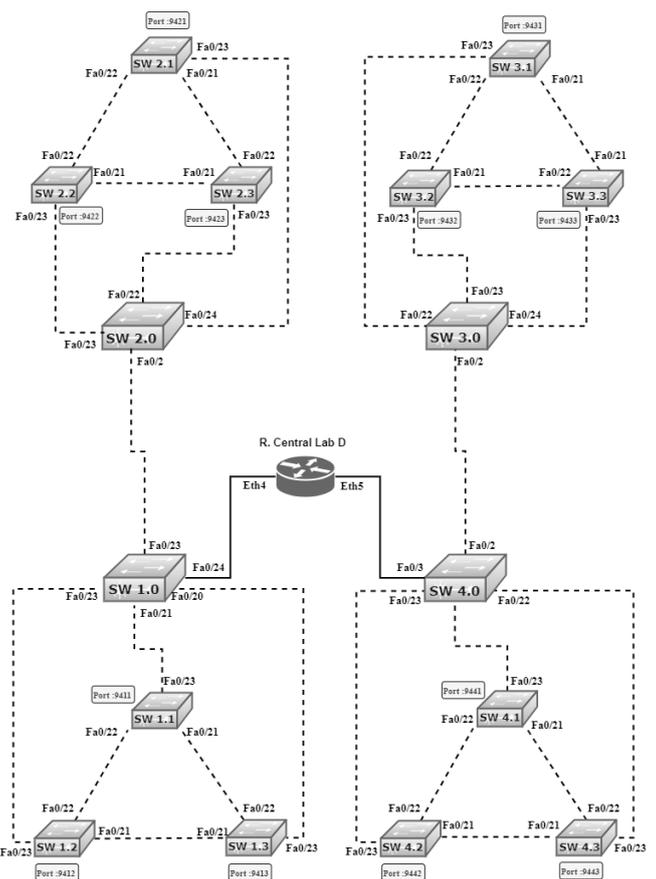
Gambar. 1. Topologi Remote Router Laboratorium FTI UKDW

Gambar 1 merupakan topologi koneksi remote router pada laboratorium secara keseluruhan, yang akan diterapkan pada setiap piranti router yang ada di laboratorium rumpun jaringan FTI UKDW. 3 Router Cisco dan 3 router Mikrotik akan terhubung ke router Mikrotik gateway pada masing-

masing Blok. Kemudian, Router Gateway setiap Blok akan terhubung langsung ke switch distribusi. Switch penghubung pada Blok 1 dan 4 terhubung langsung ke Router Central laboratorium jaringan dan meneruskan internet dari Router Central ke router Cisco, Mikrotik dan gateway. Pada switch distribusi Blok 1 dan 4 juga terhubung switch penhubung Blok 2 dan 3, sehingga piranti yang ada pada Blok 2 dan 3 juga dapat terhubung dengan internet.

Port forwarding diterapkan dengan memanfaatkan ketersediaan 1 ip public yang ada pada Router Central laboratorium Jaringan. IP public yang ada akan didistribusikan pada setiap piranti router yang terhubung pada jaringan lokal menuju Router Central. Setiap piranti akan dapat diakses secara remote melalui port number yang berbeda beda. Port ini nantinya akan diteruskan pada setiap router praktikum melalui ip public yang ada pada Router Central laboratorium D.

TOPOLOGI SWITCH
LABORATORIUM JARINGAN
FTI UKDW



Gambar. 2. Topologi Remote Switch Laboratorium Jaringan FTI UKDW

Gambar 2 merupakan topologi remote laboratorium secara keseluruhan untuk perangkat switch. Perangkat Switch pada remote laboratorium memiliki jaringan Topologi yang berbeda dengan topologi router remote laboratorium. Setiap Switch Cisco pada masing-masing Blok akan terkoneksi menuju Router Central secara lokal melalui switch distribusi yang ada pada masing- masing Blok. Router Central akan meneruskan port melalui ip public yang ada, sehingga setiap switch dapat diakses secara remote melalui nomor port yang diberikan.

E. Perancangan Pengujian Sistem

Pada proses ini akan dilakukan pengujian fungsional pada tingkat kenyamanan mahasiswa. Pengambilan data dilakukan dengan memberikan kuesioner pada mahasiswa untuk mengukur tingkat kenyamanan mahasiswa dalam menggunakan sistem remote laboratorium yang baru. Parameter yang digunakan pada pengujian ini berupa kemudahan akses, kelancaran koneksi dan tingkat kepuasan.

Pengujian fungsional dilakukan dengan meminta mahasiswa melakukan praktikum sesuai dengan materi yang telah disampaikan. Mahasiswa diminta agar memanfaatkan penggunaan dari remote laboratorium yang telah dikembangkan oleh peneliti untuk mengerjakan tugas praktikum. Setelahnya, mahasiswa akan diminta mengisi kuesioner untuk mengetahui tingkat kenyamanan mereka terhadap fungsionalitas sistem remote laboratorium yang dibangun.

Kemudahan akses, aspek ini untuk mengetahui terkait kemudahan mereka dalam mengakses suatu topologi jaringan secara remote dengan menggunakan metode *port forwarding*. Pertanyaan yang diberikan berguna mengetahui sejauh mana keterampilan serta pemahaman mahasiswa dalam mengakses topologi dengan menggunakan *port forwarding*.

Kelancaran koneksi, pada aspek ini mahasiswa diminta untuk menilai seberapa lancar mereka untuk mengakses topologi jaringan secara remote dengan *port forwarding*. Bagian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kecepatan dan stabilitas akses ketika mengerjakan topologi kasus dengan memanfaatkan metode *port forwarding* pada remote laboratorium.

Tingkat Kepuasan, pada bagian ini mahasiswa akan diminta untuk menyampaikan respon positif atau negative ketika menggunakan perangkat secara remote dengan port forwarding untuk mengerjakan topologi kasus yang diberikan. Respon yang diberikan akan mencakup beberapa hal teknis seperti kesulitan Konfigurasi, gangguan koneksi, ataupun kesalahan dalam menggunakan metode port forwarding. Pada aspek ini juga mencakup dari fungsionalitas dan efisiensi dari kualitas akses remote laboratorium dengan port forwarding.

IV. IMPLEMENTASI DAN PEMBAHASAN

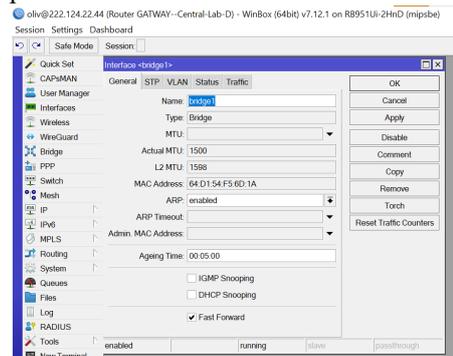
A. Implementasi Sistem

Penelitian melibatkan beberapa tahap konfigurasi, termasuk konfigurasi IP address, routing static, VLAN, sub interface, IP default-gateway, dan port forwarding. Konfigurasi IP address bertujuan untuk mengarahkan port forwarding ke piranti-piranti yang spesifik agar dapat diakses secara remote. Routing static diterapkan pada Router Central dan router-router praktikum untuk mengalirkan lalu lintas data. Konfigurasi IP default-gateway pada router distribusi dan Router Central memastikan koneksi antar router dan implementasi port forwarding. Setiap switch praktikum yang diakses secara remote memiliki satu VLAN untuk praktikum langsung, dan ditambah dengan 1 VLAN baru khusus untuk remote. Konfigurasi VLAN termasuk pemberian alamat IP yang sesuai dan terhubung ke Router Central. Sub-interface pada Router Central memisahkan lalu lintas VLAN switch

praktikum dan router praktikum. Konfigurasi ip default-gateway pada switch praktikum memastikan koneksi antara network pada Router Central dan VLAN pada switch. Setelah semua piranti terhubung ke Router Central, dilakukan konfigurasi port forwarding dengan menetapkan nomor port sesuai dengan alamat IP setiap piranti.

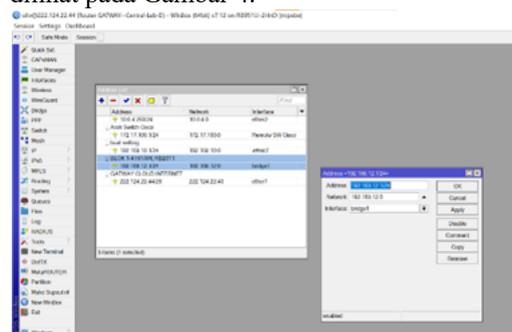
a) Konfigurasi Router Central Laboratorium D pada Topologi Router

- Gambar 3 menunjukkan pembuatan interface virtual, yaitu Bridge1. Interface ini untuk menggabungkan interface-interface yang digunakan sebagai jalur distribusi ke setiap Router Gateway Blok yang terhubung ke setiap router praktikum.



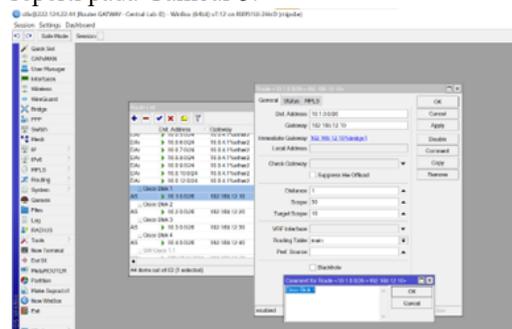
Gambar. 3. Interface Bridge1

- Pemberian IP address pada interface bridge1 sesuai dengan Network dan subnet pada Table 1 dapat dilihat pada Gambar 4.



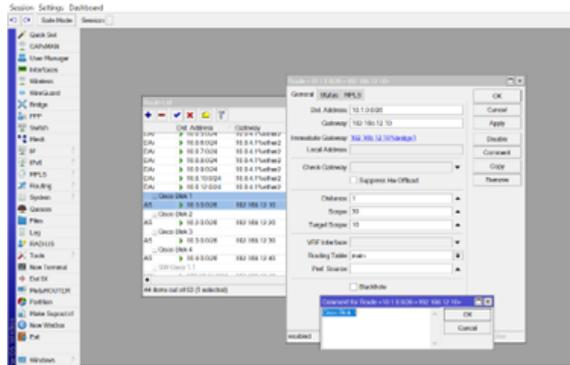
Gambar. 4. IP address Bridge 1

- Memberikan IP route agar setiap perangkat praktikum dapat terhubung ke Router Central, seperti pada Gambar 5.



Gambar. 5. IP route ke Router Cisco Blok 1

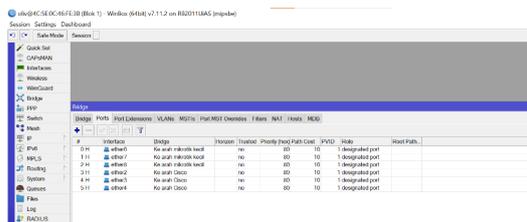
- Konfigurasi *Port Forwarding* pada Gambar 6, agar semua perangkat praktikum dapat diakses secara remote. Pemberian nomor port dan alamat IP telah disesuaikan dengan Table 2.



Gambar. 6. Konfigurasi port forwarding

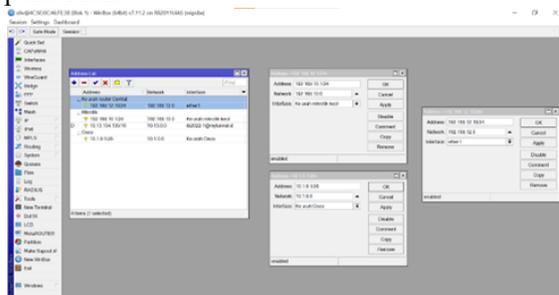
b) *Konfigurasi Router Gateway pada Topologi Router*

- Gambar 7 adalah membuat Interface virtual, yaitu 2 interface bridge. Interface bridge yang pertama akan menggabungkan interface yang terhubung ke router Cisco praktikum dan bridge yang kedua akan menggabungkan interface yang terhubung ke router Mikrotik praktikum.



Gambar. 7. Bridge Port Router Cisco dan Mikrotik

- Konfigurasi IP address Interface pada Gambar 8 merupakan pemberian alamat IP pada masing-masing interface ini disesuaikan dengan yang ada pada Table 1.



Gambar. 8. IP Address Router Gateway Blok 1

- Konfigurasi IP default-gateway pada Gambar 9, agar semua piranti router Mikrotik maupun Cisco praktikum pada Blok 1 dapat terhubung ke Router Central.



Gambar. 9. IP route menuju router central

c) *Konfigurasi Router Cisco Praktikum Topologi Router*

- Pemberian alamat IP dan subnetmask pada Gambar 10 diberikan sesuai dengan nama serta nomor router Cisco pada Blok 1 yang ada pada Table 1.

222.124.22.44 - PuTTY

User Access Verification

```

Password:
R1-Blok1>ena
Password:
R1-Blok1#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R1-Blok1(config)#int fa0/1
R1-Blok1(config-if)#ip add 10.1.0.11 255.255.255.192
R1-Blok1(config-if)#no sh
    
```

Gambar. 10. IP address R.Cisco 1.1

- Konfigurasi Routing Statis seperti pada Gambar 11 adalah IP route menuju Router Gateway yang ada pada Blok 1. Kemudian dilakukan routing secara statis menuju network IP Publik yang ada pada Router Central.

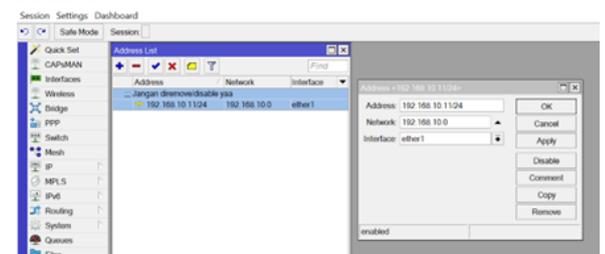
```

R1-Blok1(config-if)#ip route 192.168.12.0 255.255.255.0 10.1.0.1
R1-Blok1(config)#ip route 222.124.22.40 255.255.255.248 10.1.0.1
R1-Blok1(config)#
    
```

Gambar. 11. IP route R. Cisco 1.1

d) *Konfigurasi Router Mikrotik Praktikum Topologi Router*

- Pemberian alamat IP dan subnetmask pada Gambar 12 diberikan sesuai dengan nama serta nomor router Mikrotik pada Blok 1 yang ada pada Table 1.



Gambar. 12. IP address R.Mikrotik 1.1

- Konfigurasi routing secara statis yang dilakukan seperti pada Gambar 13 ditujukan pada network yang ada pada Router Central yaitu 192.168.12.0.

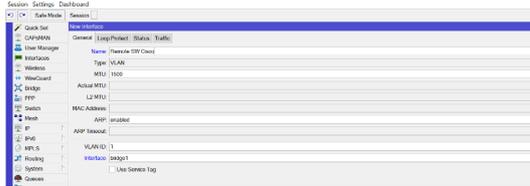


Gambar. 13. IP route R.Mikrotik 1.1

e) *Konfigurasi Router Central Laboratorium D pada Topologi Switch*

- Gambar 14 menunjukkan cara membuat interface virtual, yaitu sub-interface VLAN. Interface ini bertujuan untuk memisahkan lalu lintas VLAN pada interface bridge1 yang menuju setiap piranti router. Distribusi ke setiap piranti switch praktikum akan melalui interface ini sehingga tidak mengganggu

jalur yang lain meskipun berada pada interface fisik yang sama.



Gambar. 14. Sub-Interface VLAN 100

- Konfigurasi alamat IP pada sub-interface VLAN dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar. 15. IP address sub-interface VLAN

f) Konfigurasi Switch Penghubung Topologi Switch

- Konfigurasi VLAN switch penghubung yang ada pada Blok 1 dapat dilihat pada Gambar 16.

```
SwitchBawahBlok1#
SwitchBawahBlok1#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
SwitchBawahBlok1(config)#vlan 100
SwitchBawahBlok1(config-vlan)#name RemoteIPV4
```

Gambar. 16. Konfigurasi VLAN Switch Penghubung

- Memberikan alamat IP pada VLAN, Pemberian alamat IP pada VLAN 100 dapat dilihat pada Gambar 17.

```
SwitchBawahBlok1(config-vlan)#
SwitchBawahBlok1(config-vlan)#int vlan 100
SwitchBawahBlok1(config-if)#ip add 172.17.100.1 255.255.255.0
SwitchBawahBlok1(config-if)#no sh
```

Gambar. 17. IP address VLAN 100 Switch Penghubung

- Konfigurasi Port trunking dilakukan pada switch penghubung agar dapat terhubung ke setiap switch praktikum seperti pada Gambar 18.

```
SwitchBawahBlok1(config-if)#int range fa0/17 - 24
SwitchBawahBlok1(config-if-range)#sw mode trunk
SwitchBawahBlok1(config-if-range)#sw trunk allowed vlan all
SwitchBawahBlok1(config-if-range)#
```

Gambar. 18. Port Trunking Switch Penghubung

- Konfigurasi ip default-gateway pada Gambar 19 dilakukan agar switch penghubung dapat terhubung ke Router Central sehingga alamat ip yang digunakan sebagai gateway adalah IP sub-interface VLAN yaitu 172.17.100.1.

```
SwitchBawahBlok1(config-if-range)#
SwitchBawahBlok1(config-if-range)#ip default-gateway 172.17.100.1
```

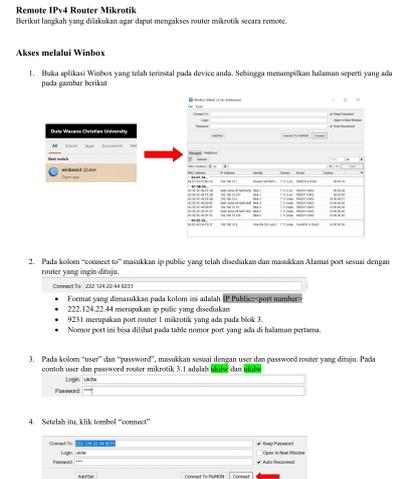
Gambar. 19 IP default gateway SW penghubung

B. Implementasi Pengujian

- Pengujian Pertama

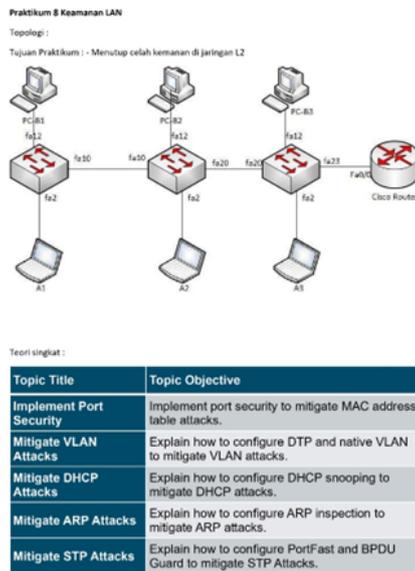
Pengujian dilakukan ketika mahasiswa Grup E InLan melakukan praktikum untuk topologi *port security*. Mahasiswa dibagi menjadi 4 kelompok sesuai dengan jumlah Blok yang ada di laboratorium jaringan FTI UKDW. Hasilnya bahwa mahasiswa tidak dapat mengakses alat secara remote sampai mereka selesai mengerjakan praktikum. Pada awalnya, sistem remote

beroperasi dengan lancar, memungkinkan mahasiswa untuk melakukan praktikum sesuai dengan topologi yang ditentukan. Namun, menjelang akhir perkuliahan, terjadi gangguan teknis pada piranti praktikum yang terintegrasi dalam sistem remote *port forwarding*, seperti matinya port fisik. Penulis melakukan Konfigurasi untuk mengaktifkan kembali port yang mati agar sistem remote *port forwarding* dapat berfungsi kembali, namun upaya tersebut tidak berhasil karena port yang telah diaktifkan kembali tetap tidak aktif. Anomali perangkat tidak terjadi pada semua Blok yang ada. Kelompok pada Blok 1 dapat melakukan praktikum secara remote dengan *port forwarding* sampai selesainya jam perkuliahan. Sehingga gangguan perangkat hanya berdampak pada kelompok yang berada di Blok 2,3, dan 4. Hal ini menciptakan ketidaksetaraan dalam pengalaman praktikum, dengan kelompok pada Blok 1 memiliki akses yang lebih lancar dan tidak terganggu, sementara kelompok pada Blok 2, 3, dan 4 mengalami kendala yang mempengaruhi kelancaran pelaksanaan praktikum mereka. Keadaan ini mengakibatkan mahasiswa pada Blok 2, 3 dan 4 tidak dapat menyelesaikan praktikum topologi *port security* tepat pada waktunya karena adanya anomali pada perangkat. Melalui kuesioner yang diberikan kepada mahasiswa, hasilnya menunjukkan kualitas praktikum yang kurang optimal akibat kendala tersebut.



Gambar. 20. Panduan, Table Port Number dan IP address

Mahasiswa diberikan table yang berisikan nomor port dari setiap piranti yang akan digunakan untuk kebutuhan topologi praktikum seperti pada Gambar 20. Tabel ini bertujuan untuk membantu mahasiswa mengakses alat yang diperlukan pada masing-masing Blok dengan metode *port forwarding*, penulis juga memberikan informasi terkait topologi remote lab, aplikasi yang digunakan serta panduan untuk mengakses alat secara remote dengan *port forwarding*.

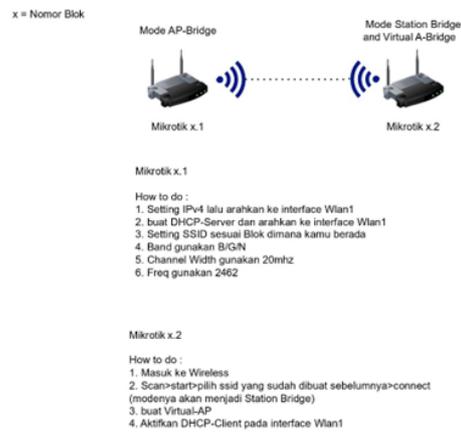


Gambar. 21. Topologi Praktikum Port Security

Topologi praktikum yang dikerjakan oleh mahasiswa grup E adalah seperti pada Gambar 21. Piranti jaringan yang diperlukan dalam praktikum ini terdiri dari 3 switch Cisco dan 1 router Cisco yang saling terhubung. Mahasiswa diharapkan mampu menyesuaikan mengerjakan topologi *port security* dan menyesuaikan dengan topologi remote lab yang diberikan dengan memanfaatkan sistem *remote port forwarding*.

• Pengujian Kedua

Pengujian Kedua, dilakukan setelah penulis berhasil menangani anomali perangkat yang terjadi pada saat pengujian pertama dilakukan. Anomali yang terjadi dapat diperbaiki dengan melakukan *reboot* pada semua piranti jaringan dan sistem *remote port forwarding* kembali berjalan seperti semula. Hasil Pengujian kedua pada mahasiswa grup A InLan menunjukkan bahwa mahasiswa mampu menyelesaikan praktikum Mikrotik Bridging dengan sistem *remote port forwarding* hingga berakhirnya jam perkuliahan praktikum InLan. Selama pelaksanaan praktikum, sistem *remote port forwarding* tidak mengalami anomali perangkat seperti pada pengujian pertama, hal ini memungkinkan mahasiswa mengerjakan praktikum Mikrotik Bridging secara keseluruhan dengan menggunakan sistem *remote port forwarding*. Dengan demikian, setiap kelompok pada masing-masing Blok memiliki pengalaman praktikum yang sama, mengindikasikan keberhasilan penanganan anomali perangkat dan pemulihan fungsi sistem remote laboratorium *port forwarding*.



Gambar. 22. Topologi Praktikum Mikrotik Bridging

Mahasiswa diminta untuk mengerjakan materi praktikum Mikrotik Bridging sesuai dengan topologi yang ada pada Gambar 22. Pada topologi ini mahasiswa memerlukan 2 router Mikrotik untuk bisa menyelesaikan latihan yang ada. Setiap kelompok diharapkan dapat menyesuaikan dengan topologi remote laboratorium yang ada sehingga mampu mengerjakan praktikum secara remote dengan metode *port forwarding*.

C. Pembahasan

Pada pengujian pertama, kelompok mahasiswa Grup E InLan mengalami kesulitan dalam akses remote saat mengerjakan praktikum topologi port security. Awalnya, sistem remote beroperasi lancar, namun terjadi gangguan teknis menjelang akhir perkuliahan, terutama pada Blok 2, 3, dan 4, menyebabkan ketidaksetaraan pengalaman praktikum. Kelompok pada Blok 1 tidak terpengaruh dan dapat menyelesaikan praktikum dengan lancar. Kuesioner menunjukkan kualitas praktikum yang kurang optimal karena kendala tersebut.

Pengujian Kedua, dilakukan setelah penulis berhasil menangani anomali perangkat yang terjadi pada saat pengujian pertama dilakukan. Anomali yang terjadi dapat diperbaiki dengan melakukan *reboot* pada semua piranti jaringan dan sistem *remote port forwarding* kembali berjalan seperti semula. Hasil Pengujian kedua pada mahasiswa grup A InLan menunjukkan bahwa mahasiswa mampu menyelesaikan praktikum Mikrotik Bridging dengan sistem *remote port forwarding* hingga berakhirnya jam perkuliahan praktikum InLan. Selama pelaksanaan praktikum, sistem *remote port forwarding* tidak mengalami anomali perangkat seperti pada pengujian pertama, hal ini memungkinkan mahasiswa mengerjakan praktikum Mikrotik Bridging secara keseluruhan dengan menggunakan sistem *remote port forwarding*. Dengan demikian, setiap kelompok pada masing-masing Blok memiliki pengalaman praktikum yang sama, mengindikasikan keberhasilan penanganan anomali perangkat dan pemulihan fungsi sistem remote laboratorium *port forwarding*.

Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada mahasiswa yang mengambil mata kuliah praktikum InLan Grup E dan A terkait penggunaan sistem remote laboratorium dengan port forwarding didapatkan hasil sebagai berikut



Gambar. 23 Grafik Kemudahan Akses

Pada hasil kuesioner yang diberikan di akhir perkuliahan dapat terkait tingkat kemudahan akses mahasiswa terhadap sistem remote laboratorium dengan port forwarding dapat dilihat pada Gambar 20. Pada survei yang dilakukan pada 46 mahasiswa didapatkan bahwa 61% menganggap cukup mudah diakses, 39% berpendapat mudah diakses dan tidak ada mahasiswa yang tidak bisa mengakses sistem remote laboratorium dengan port forwarding.



Gambar. 24. Grafik Tingkat Kepuasan

Hasil survei untuk tingkat kepuasan mahasiswa saat mengakses alat-alat praktikum secara remote dengan port forwarding untuk mengerjakan soal praktikum dapat dilihat pada Gambar 21. Mahasiswa yang sangat puas dengan performa dari sistem remote laboratorium dengan port forwarding sebanyak 50% dan 48% bagi mahasiswa yang merasa cukup puas dalam mengakses sistem ini. Mahasiswa yang tidak puas dengan sistem ini ketika mengerjakan praktikum berjumlah 2%.



Gambar. 25. Grafik Kelancaran Akses

Gambar 22 menunjukkan grafik atas tingkat kelancaran mahasiswa dalam menggunakan sistem remote laboratorium port forwarding saat mengerjakan topologi praktikum. Menurut kuesioner yang diberikan sebanyak 57% merasa sistem dapat diakses dengan cukup lancar, 39% mahasiswa beranggapan sangat lancar dan mahasiswa yang merasa tidak lancar sebanyak 4%. Tingkat kelancaran akses ini dipengaruhi oleh koneksi internet yang digunakan, mahasiswa yang menggunakan access point yang di laboratorium jaringan sebagai sumber internet akan mengalami masalah kelancaran akses karena koneksi internet yang sering terputus pada host client mahasiswa, namun hal ini dapat ditangani dengan menggunakan jaringan internet dari hotspot smartphone mahasiswa.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini disimpulkan bahwa Redesain remote laboratorium jaringan dengan menerapkan metode port forwarding dapat diimplementasikan dan berjalan sesuai dengan scenario yang diharapkan. Tingkat Kepuasan mahasiswa mencapai 50%. Mahasiswa yang menilai koneksi akses alat sangat lancar dengan sistem ini sebanyak 57% dan sebanyak 37% mahasiswa beranggapan sistem ini dapat diakses dengan sangat mudah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terimakasih kepada Fakultas Teknologi Infomatika Universitas Kristen Duta Wacana yang telah memberi wadah untuk melakukan penelitian di laboratorium jaringan serta tidak lupa kepada seluruh mahasiswa mata kuliah InLan grup A dan E yang sudah membantu penulis mengumpulkan data.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] "Surat Edaran Mendikbud No 4 Tahun 2020 Tentang Pelaksanaan Kebijakan Pendidikan Dalam Masa Darurat Penyebaran Corona Virus Disease (Covid- 1 9)," 2020 Maret 2020. [Online]. Available: <https://pusdiklat.kemdikbud.go.id/surat-edaran-mendikbud-no-4-tahun-2020-tentang-pelaksanaan-kebijakan-pendidikan-dalam-masa-darurat-penyebaran-corona-virus-disease-covid-1-9/>.

- [2] L. M. I. Sari, P. Hatta, E. S. Wihidayat and F. Xiao, "A Comparison Between The Use Of Cisco Packet Tracer And," *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 2018.
- [3] G. Indriyanta, N. A. Haryono and P. B. Waluyo, "Analisis, Disain dan Implementasi Remote Laboratorium Praktikum Infrastruktur LAN Pada Masa Work From Home," 2022.
- [4] G. Indriyanta, J. Purwadi and P. B. Waluyo, "Implementasi Open-VPN dan VPN PPTP untuk Remote Laboratorium Rumpun Matakuliah Jaringan Komputer Prodi Informatika Universitas Kristen Duta Wacana untuk Mendukung Praktikum Secara Online," Yogyakarta, 2022.
- [5] M. Khadapi and R. Rasmila, "Redesain Jaringan Komputer Pada Kantor Pemerintahan Kota Prabumulih," *Seminar Hasil Penelitian Vokasi*, 2020.
- [6] S. S. H. Hajjaj and K. S. M. Sahari, "Establishing remote networks for ROS applications via Port Forwarding: A detailed tutorial," *International Journal Of Advanced Robotic System*, 2017.
- [7] N. Verma and M. Kashyap, "Extending Port Forwarding Concept to IOT," *International Conference on Advances in Computing, Communication Control and Networking (ICACCCN2018)*, 2018.
- [8] Cisco Press, *Routing and Switching Essentials Companion Guide*, Indianapolis, Indiana 46240 USA: Paul Boger, 2014.
- [9] R. H. Prayitno and B. K. Yakti, "Implementasi Nat IPv4 Dengan Network Automation Pada Cisco Router," *UG JURNAL*, 2020.
- [10] A. Sivanathan, D. Sherratt, H. H. Gharakheili, V. Sivaraman and A. Vishwanath, "Low-Cost Flow-Based Security Solutions for Smart-Home IoT Devices," in *2016 IEEE International Conference on Advanced Networks and Telecommunications Systems (ANTS)*, Bangalore, India, 2016.
- [11] E. S. Negara, A. R. Mukti and C. Mukmin, *Jaringan Komputer Routing dan Switching Essentials*, UBD Press, 2017.
- [12] E. S. Negara, *Pengenalan Protokol Routing*, Palembang: Pusat Penerbitan dan Percetakan Universitas Bina Darma Press (PPP-UBD Press) , 2021.