LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Ijin Penelitian

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA
FAKULTAS TEKNIK DAN KEJURUAN
Jalan Udayana Nomor 11 Singaraja Bali
Laman: http://ftk.undiksha.ac.id

Nomor : 2365/UN48.11.1/KM/2024 Singaraja, 19 November 2024
Perihal : Surat Permohonan Data

Yth. Kepala SMK Negeri Bali Mandara
di tempat

Dengan hormat, sehubungan dengan proses penyelesaian Tugas Akhir/Skripsi, maka melalui surat ini kami mohon Bapak/Ibu berkenan memberikan data yang dibutuhkan. Adapun mahasiswa yang akan melakukan pengambilan data seperti tersebut di bawah ini:

Nama	: I Gede Mahendra
NIM	: 2115051089
Program Studi	: Pendidikan Teknik Informatika
Jurusan	: Teknik Informatika
Data yang dibutuhkan	: Terkait detail proses pembelajaran tjkt khususnya pada elemen pemasangan, konfigurasi jaringan dan implementasi media pembelajaran simulasi jaringan yang sebelumnya di gunakan di SMK Negeri Bali Mandara
Judul Skripsi	: Implementasi Pnetbal untuk pembelajaran Mikrotik pada Elemen Pemasangan Dan Konfigurasi Jaringan di SMK Negeri Bali Mandara

Demikian kami sampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya, diucapkan terima kasih.

a.n Dekan
Wakil Dekan Bidang Akademik,

Made Windu Antara Kesiman
NIP 198211112008121001

2 365

KEMENTERIAN PENDIDIKAN,KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA
FAKULTAS TEKNIK DAN KEJURUAN
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
Jalan Udayana Singaraja-Bali Kode Pos 81116
Tlp. (0362) 22570 Fax. (0362) 25735
Laman: www.undiksha.ac.id

Nomor : 483/UN48.11.5/KM/2024 Singaraja, 18 November 2024
Perihal : Surat Permohonan Pengambilan Data
Lampiran : -

Yth. Dekan FTK
Universitas Pendidikan Ganesha
Di tempat

Dengan hormat,
Sehubungan dengan proses penyelesaian Tugas Akhir / Skripsi yang dilaksanakan oleh saudara mahasiswa:

Nama	: I Gede Mahendra
Nim	: 2115051089
Prodi/Jurusan	: Pendidikan Teknik Informatika/ Teknik Informatika
Instansi yg ditujui	: SMK Negeri Bali Mandara
Jabatan yg dituju	: Guru Teknik Jaringan Komputer dan Telekomunikasi
Data yang dibutuhkan	: Terkait detail proses pembelajaran tjkt khususnya pada elemen pemasangan, konfigurasi jaringan dan implementasi media pembelajaran simulasi jaringan yang sebelumnya digunakan di SMK Negeri Bali Mandara
Judul	: Implementasi Puetbal Untuk Pembelajaran Mikrotik Pada Elemen Pemasangan dan Konfigurasi Jaringan di SMK Negeri Bali Mandara

Bersama ini kami mohonkan kepada Bapak untuk berkenan memfasilitasi kebutuhan data untuk Tugas Akhir / Skripsi mahasiswa yang bersangkutan.
Demikian kami sampaikan. Atas perhatian dan kerjasama Bapak, kami ucapkan terima kasih.

Ketua Jurusan Teknik Informatika,

Putu Hendra Suputra
NIP. 198212222006041001

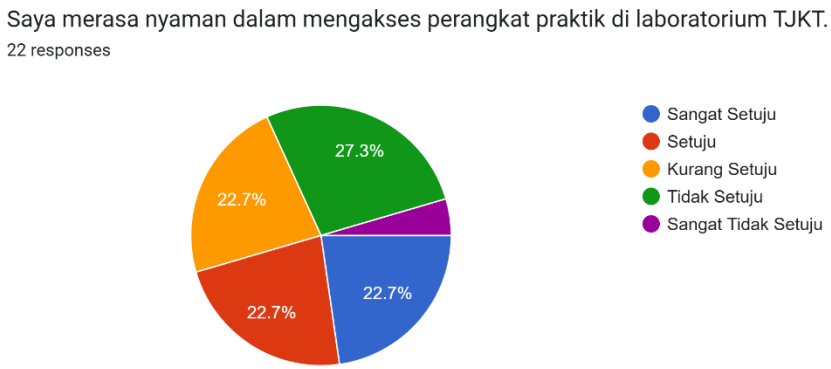
Balai Sertifikasi Elektronik

Catatan :
- UU ITE No. 11 Tahun 2008 Pasal 5 ayat 1"Informasi Elektronik dan/atau Dokumen Elektronik dan/atau hasil cetaknya merupakan alat bukti hukum yang sah"
- Dokumen ini tertanda ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan Balai

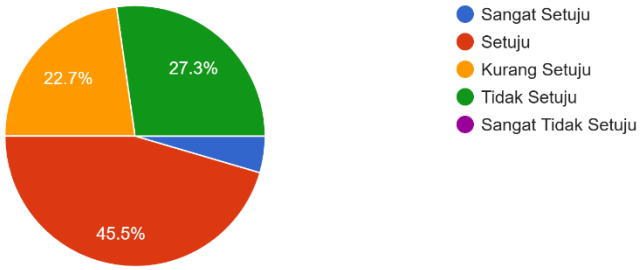
Lampiran 2. Kuisioner Siswa

PERTANYAAN
Saya merasa nyaman dalam mengakses perangkat praktik di laboratorium TJKT.
Kendala perangkat praktik sering menghambat pembelajaran saya.
Keterbatasan perangkat praktik memengaruhi pemahaman saya terhadap materi jaringan komputer.
Saya sering mendapat kesempatan untuk praktik langsung dengan perangkat MikroTik.
Waktu yang tersedia untuk praktik sudah cukup untuk memahami materi dengan baik.
Saya merasa siap menghadapi dunia kerja dengan pengalaman praktik yang saya dapatkan.
Saya merasa simulasi virtual seperti PNETLab dapat membantu pembelajaran saya.
Simulasi virtual memungkinkan saya belajar jaringan komputer kapan saja dan di mana saja.
Saya berharap perangkat praktik yang tersedia di sekolah dapat diperbaiki dan ditambah.
Pembelajaran praktik jaringan komputer akan lebih efektif dengan bimbingan tambahan dari guru.

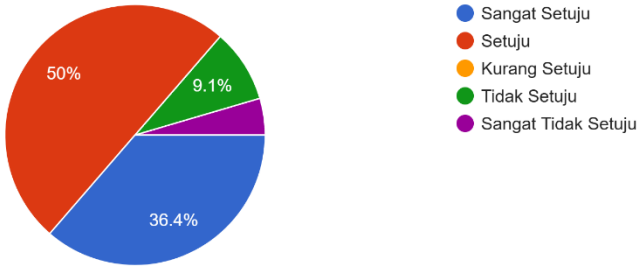
HASIL



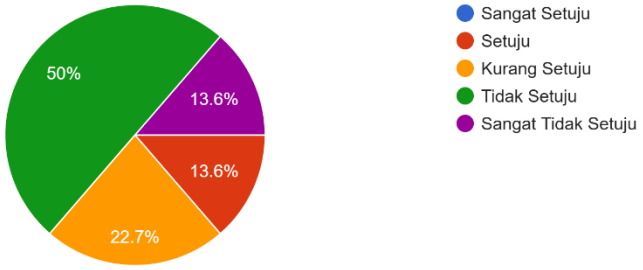
Kendala perangkat praktik sering menghambat pembelajaran saya.
22 responses



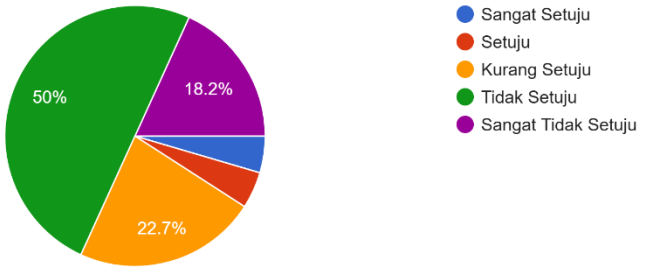
Keterbatasan perangkat praktik memengaruhi pemahaman saya terhadap materi jaringan komputer.
22 responses



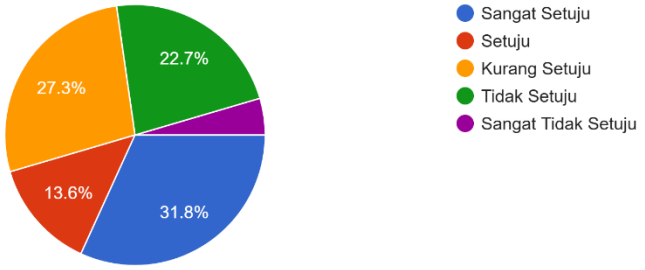
Saya sering mendapat kesempatan untuk praktik langsung dengan perangkat MikroTik.
22 responses



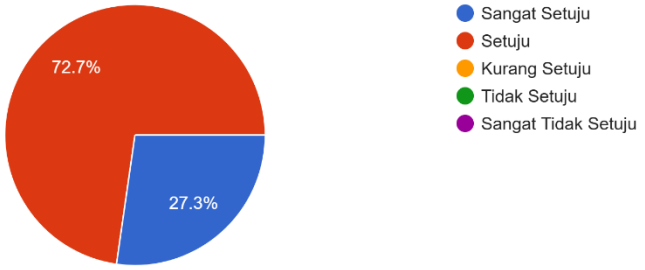
Waktu yang tersedia untuk praktik sudah cukup untuk memahami materi dengan baik.
22 responses



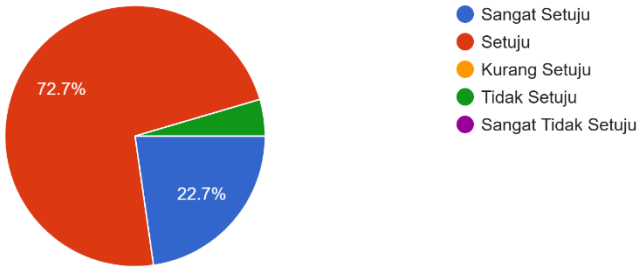
Saya merasa siap menghadapi dunia kerja dengan pengalaman praktik yang saya dapatkan.
22 responses



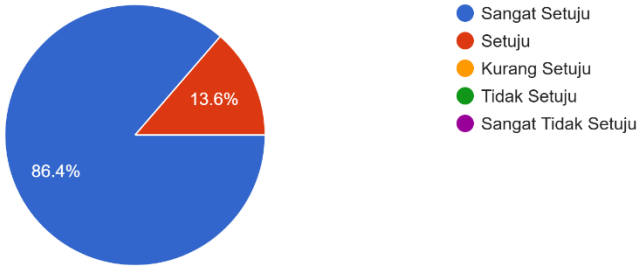
Saya merasa simulasi virtual seperti PNetLab dapat membantu pembelajaran saya.
22 responses



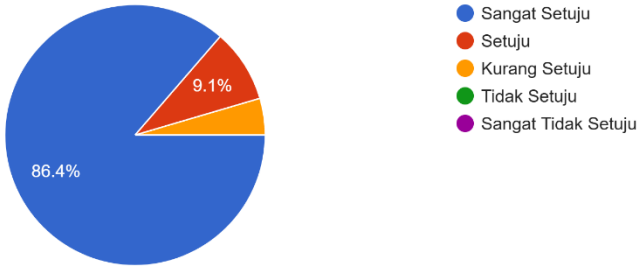
Simulasi virtual memungkinkan saya belajar jaringan komputer kapan saja dan di mana saja.
22 responses



Saya berharap perangkat praktik yang tersedia di sekolah dapat diperbaiki dan ditambah.
22 responses



Pembelajaran praktik jaringan komputer akan lebih efektif dengan bimbingan tambahan dari guru.
22 responses



Lampiran 3. Kuisioner Guru

Jawaban: Menggunakan aplikasi CPT (Cisco Packet Tracer) sebagai simulasi dan menggunakan perangkat router Mikrotik

5. Media pembelajaran apa yang Anda gunakan dalam mengajarkan materi routing?

Jawaban: CPT (Cisco Packet tracer) dan Perangkat Mikrotik

6. Apakah media pembelajaran yang digunakan saat ini mampu memfasilitasi siswa dalam proses pembelajaran khususnya pada materi routing?

Jawaban: Masih mampu hanya saja tidak semua siswa tertarik belajar routing dan media pembelajaran masih kurang

7. Apa kendala Anda dalam memberikan pembelajaran elemen pemasangan dan konfigurasi perangkat jaringan khususnya pada materi routing?

Jawaban: 1. banyaknya kegiatan diluar pembelajaran yang melibatkan guru dan siswa, 2. kurangnya referensi belajar sehingga pembelajaran masih menggunakan referensi sumber pembelajaran

8. Apakah ada kendala dalam menyediakan fasilitas atau perangkat guna menunjang proses pembelajaran?

Jawaban: jika menggunakan Cisco Packet tracer siswa hanya dapat mencoba selama simulasi saja, sedangkan dengan mikrotik, perangkat tersebut digunakan juga oleh kelas XII untuk persiapan UKK

9. Apa tantangan terbesar dalam memberikan latihan praktik routing kepada siswa?

Jawaban: Sulitnya menyederhanakan konsep routing kepada anak-anak terkait pada konsep routing dinamis

10. Dalam memberikan praktik routing, apakah Anda menggunakan teknologi atau alat bantu pendukung (seperti software atau perangkat keras)?

Jawaban: menggunakan software untuk perangkat keras tertentu karena digunakan juga oleh kelas XII untuk persiapan UKK

11. Ketika belajar routing, apakah siswa dapat mengetahui dampak dari setiap perubahan yang mereka lakukan?

Jawaban: Beberapa siswa sudah cukup paham terkait dengan konsep routing digunakan untuk menghubungkan jaringan

Dipindai dengan CamScanner

12. Apakah pembelajaran berbasis simulasi seperti PNETLab dapat membantu siswa memahami materi routing lebih efektif?

Jawaban: Saya berharap dengan PNETLab bisa membantu kami dalam mengajar siswa untuk lebih memahami materi routing

13. Apakah Anda pernah mendengar media pembelajaran jaringan dengan PNETLab? Jika belum, apakah ada keinginan untuk mencoba?

Jawaban: Belum, Ya Saya ingin. Dengan adanya media pembelajaran dapat menjadi solusi dari permasalahan /kendala belajar yang ada berbasis

14. Menurut Anda, apakah perlu dikembangkannya media pembelajaran jaringan berbasis PNETLab untuk membantu proses pembelajaran routing?

Jawaban: Perlu. dengan adanya media pembelajaran diharapkan mampu menjadi solusi bagi kami sehingga materi dapat tersampaikan dengan baik

15. Bagaimana respon Anda jika terdapat implementasi PNETLab untuk pembelajaran routing di MikroTik pada elemen pemasangan dan konfigurasi perangkat jaringan di SMKN Bali Mandara?

Jawaban: Bagus, jika bisa dikembangkan media pembelajaran ini sangat membantu guru dan siswa melakukan proses pembelajaran

Singaraja, 22 Januari 2024

Guru Pengampu

Putu Pradika Wiratama

NIP. 198809132023211004

Dipindai dengan CamScanner

Lampiran 4. Modul Ajar

MODUL AJAR

TEKNIK JARINGAN KOMPUTER DAN TELEKOMUNIKASI

INFORMASI UMUM	
A . IDENTITAS SEKOLAH	
Nama Penyusun	I GEDE MAHENDRA
Instansi/Lembaga	SMK NEGERI BALI MANDARA
Tahun Ajaran	2024/2025
Jenjang Sekolah	SMK
Komptensi Keahlian	TEKNIK JARINGAN KOMPUTER DAN TELEKOMUNIKASI
Kelas	XI/Genap
Fase	F
Elemen	PEMASANGAN DAN KONFIGURASI PERANGKAT JARINGAN
Capaian Pembelajaran	Pada akhir fase ini, peserta didik diharapkan dapat memahami konsep dasar routing, termasuk perbedaan antara routing statis dan routing dinamis. Peserta didik juga diharapkan menguasai langkah-langkah konfigurasi routing statis pada perangkat Mikrotik, serta mampu menganalisis dan menyelesaikan permasalahan yang terkait dengan routing statis pada jaringan. Selain itu, peserta didik harus memahami penggunaan protokol routing dinamis seperti RIP, OSPF, dan BGP pada Mikrotik, mampu melakukan konfigurasi protokol routing dinamis sesuai kebutuhan jaringan, serta menganalisis permasalahan dan melakukan perbaikan terhadap konfigurasi routing dinamis pada perangkat Mikrotik.
Alokasi Waktu	32 JP x 45
B. KOMPETENSI AWAL	

1. Peserta didik kelas XI TJKT mampu menjelaskan konsep dasar routing termasuk jenis, karakteristik, dan fungsinya dengan tepat setelah mendapatkan penjelasan dari guru. 2. Peserta didik kelas XI TJKT mampu mengidentifikasi kebutuhan routing statis dan routing dinamis pada topologi jaringan yang diberikan dengan benar setelah melakukan analisis jaringan menggunakan PNetLab. 3. Peserta didik kelas XI TJKT mampu mengkonfigurasi routing statis dan routing dinamis pada perangkat Mikrotik dengan hasil pengujian konektivitas 100% setelah melakukan praktikum di PNetLab. 4. Peserta didik kelas XI TJKT mampu melakukan troubleshooting pada konfigurasi routing dengan tingkat keberhasilan minimal 80% setelah mengidentifikasi permasalahan yang terjadi pada jaringan.Peserta didik mampu memperbaiki Routing	
C. PROFIL PELAJAR PANCASILA	
ROUTING	Mandiri, Bernalar Kritis, Kreatif dan bergotong royong
D. SARANA DAN PRASARANA	
Media	PC/Laptop, Proyektor, Pnetlab, dan Akses Internet
Sumber Belajar	Buku Paket, Modul ,dan Internet
E. TARGET PESERTA DIDIK	
Peserta didik kelas XI TJKT SMK NEGERI BALI MANDARA	
F. MODEL PEMBELAJARAN	
Problem Base Learning dan Project Base Learning	

KOMPETENSI INTI
A. TUJUAN PEMBELAJARAN
1. Peserta didik mampu memahami konsep routing
2. Peserta didik mampu menjelaskan Routing statis dan dinamis
3. Peserta didik mampu mengkonfigurasi Routing statis dan dinamis OSPF
4. Peserta didik mampu mengidentifikasi kesalahan Routing statis dan dinamis
5. Peserta didik mampu memperbaiki Routing statis dan dinamis (OSPF)
6. Peserta didik mampu menguji coba Routing statis dan dinamis (OSPS)

B. PEMAHAMAN BERMAKNA
Pemahaman tentang proses membangun system jaringan secara baik
C. PERTANYAAN PEMANTIK
1. Apa itu routing statis dan routing dinamis?
2. Kenapa routing penting dalam jaringan komputer?
3. Apa yang terjadi jika routing salah dikonfigurasi?
4. Bagaimana cara mengecek apakah routing sudah berjalan dengan benar?
5. Apa perbedaan antara RIP dan OSPF?
D. PERSIAPAN PEMBELAJARAN
1. Membuat akun google classroom sebagai tempat materi
2. Membuat grup WA unutk menyampaikan terkait pembelajaran
E. KEGIATAN PEMBELAJARAN

PERTEMUAN 1 (ROUTING STATIS)		
LANGKAH KERJA	**AKTIVITAS GURU**	**AKTIVITAS PESERTA DIDIK**
Penentuan pertanyaan mendasar	1. Menyapa dan membuka pembelajaran 2. Meminta salah satu siswa memimpin doa 3. Melakukan asesmen diagnostik 4. **Mengajukan pertanyaan esensial "Apakah jaringan tetap bisa berjalan tanpa routing? Mengapa?"** 5. Menjelaskan tujuan pembelajaran	1. Memimpin dan mengikuti doa 2. Merespon asesmen diagnostik 3. Mencatat tujuan pembelajaran 4. Merespon pertanyaan esensial dari guru

Mendesain perencanaan proyek	**1. Membentuk kelompok (3 -4 orang) berdasarkan urutan absen** 2. Menjelaskan konsep routing statis 3. Memfasilitasi sesi tanya jawab 4. Membagikan jobsheet proyek	1. Bergabung dalam kelompok 2. Menyimak penjelasan konsep 3. Mengajukan pertanyaan 4. Mendiskusikan jobsheet dalam kelompok
Menyusun jadwal	1. Menjelaskan timeline proyek 2. Menetapkan target penyelesaian 3. Menentukan jadwal presentasi	1. Mencatat timeline 2. Membuat pembagian tugas kelompok 3. Menyusun rencana kerja
Memonitor Kemajuan Proyek	1. Memperagakan penggunaan PNetLab 2. Mendemonstrasikan konfigurasi routing statis 3. Memantau praktik siswa 4. Memberikan bimbingan	1. Login dan mengakses PNetLab 2. Mempraktikkan konfigurasi routing statis 3. Mengidentifikasi kesalahan konfigurasi 4. Melakukan pengujian dengan ping dan traceroute 5. Mencatat proses dan hasil
Menguji hasil	1. Mengawasi proses pengujian 2. Memfasilitasi presentasi 3. Memberikan umpan balik 4. Mengarahkan diskusi	1. Melakukan pengujian final 2. Membuat dokumentasi 3. Mempresentasikan hasil proyek 4. Memberikan tanggapan pada presentasi kelompok lain
Mengevaluasi pengalaman	1. Memfasilitasi refleksi	1. Menyampaikan hal yang belum dipahami

	2. Memberikan apresiasi 3. Memberikan motivasi 4. Menyimpulkan pembelajaran	2. Mengkomunikasikan kendala 3. Membuat kesimpulan pembelajaran 4. Mencatat tugas/proyek lanjutan
PERTEMUAN 2 (ROUTING DINAMIS)		
LANGKAH KERJA	**AKTIVITAS GURU**	**AKTIVITAS PESERTA DIDIK**
Penentuan pertanyaan mendasar	1. Menyapa dan membuka pembelajaran 2. Meminta salah satu siswa memimpin doa 3. Melakukan asesmen diagnostik 4. **Mengajukan pertanyaan esensial "Mengapa routing dinamis diperlukan dalam jaringan berskala besar?"** 5. Menjelaskan tujuan pembelajaran	1. Memimpin dan mengikuti doa 2. Merespon asesmen diagnostik 3. Mencatat tujuan pembelajaran 4. Merespon pertanyaan esensial dari guru
Mendesain perencanaan proyek	1. **Membentuk kelompok (3 -4 orang) berdasarkan urutan absen**	1. Bergabung dalam kelompok 2. Menyimak penjelasan konsep

	2. Menjelaskan konsep routing dinamis 3. Memfasilitasi sesi tanya jawab 4. Membagikan jobsheet proyek	3. Mengajukan pertanyaan 4. Mendiskusikan jobsheet dalam kelompok
Menyusun jadwal	1. Menjelaskan timeline proyek 2. Menetapkan target penyelesaian 3. Menentukan jadwal presentasi	1. Mencatat timeline 2. Membuat pembagian tugas kelompok 3. Menyusun rencana kerja
Memonitor Kemajuan Proyek	1. Memperagakan penggunaan PNetLab 2. Mendemonstrasikan konfigurasi routing dinamis dengan protokol ospf 3. Memantau praktik siswa 4. Memberikan bimbingan	1. Login dan mengakses PNetLab 2. Mempraktikkan konfigurasi routing dinamis dengan protokol ospf 3. Mengidentifikasi kesalahan konfigurasi 4. Melakukan pengujian dengan ping dan traceroute 5. Mencatat proses dan hasil
Menguji hasil	1. Mengawasi proses pengujian 2. Memfasilitasi presentasi 3. Memberikan umpan balik 4. Mengarahkan diskusi	1. Melakukan pengujian final 2. Membuat dokumentasi 3. Mempresentasikan hasil proyek 4. Memberikan tanggapan pada presentasi kelompok lain

Mengevaluasi pengalaman	1. Memfasilitasi refleksi 2. Memberikan apresiasi 3. Memberikan motivasi 4. Menyimpulkan pembelajaran	1. Menyampaikan hal yang belum dipahami 2. Mengkomunikasikan kendala 3. Membuat kesimpulan pembelajaran 4. Mencatat tugas/proyek lanjutan
F. ASESMEN		
Assesmen sebelum pembelajaran (Diagnostik)	**Non-Kognitif** 1. Bagaimana perasaan anda ketika mendengar kata routing? 2. Gaya belajar apa yang cocok untuk mempelajari materi hari ini? (Visual, Auditori, Kinestetik) **Kognitif** 3. Jelaskan yang anda ketahui tentang routing pada jaringan komputer, serta berikan contohnya? 4. Jelaskan apa yang dimaksud routing statis dan routing dinamis! 5. Seberapa kuat kemampuan pemecahan masalah yang berkaitan dengan konfigurasi routing?	
Asesmen Formatif	1. Pre-Test 2. Post-Test 3. Unjuk Kerja 4. Penilaian Harian	
Asesmen Sumatif	Penilaian Akhir Semester	
G. PENGAYAAN DAN REMEDIAL		
1. Guru memberikan pengayaan kepada peserta didik yang cukup kompeten dan kompeten sesuai dengan fase dan level capaian pembelajaran yaitu mengulang kembali proses konfigurasi routing dengan topologi yang lebih kompleks.		

2. Guru memberikan kesempatan remedial kepada peserta didik yang belum kompeten yaitu berupa mengulang kembali proses konfigurasi routing perindividu.
H. REFLEKSI PESERTA DIDIK DAN GURU
1. Refleksi Peserta didik https://forms.gle/D1gLXV5UoaMfq1LF8 2. Refleksi Guru https://forms.gle/RX65VpptXtPr82EN7
LAMPIRAN
1. **LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK**
Terlampir
2. **BAHAN BACAAN GURU DAN PESERTA DIDIK**
1. Buku teks tentang Routing pada Mikrotik 2. Modul/Diktat Routing 3. Referensi dari internet berupa artikel, jurnal, tutorial routing, dan lain-lain
3. **GLOSARIUM**
Routing Statis, proses routing yang tabel routingnya dikonfigurasi secara manual oleh administrator jaringan Routing Dynamis, proses routing yang tabel routingnya dipelajari secara otomatis menggunakan protokol routing OSPF (Open Shortest Path First), salah satu protokol routing dinamis yang menggunakan algoritma link-state Router ID, pengidentifikasi unik untuk router dalam jaringan OSPF Interface, port pada router yang digunakan untuk menghubungkan dengan jaringan lain Network Statement, pernyataan yang mendefinisikan jaringan yang akan diiklankan dalam proses routing

4. **DAFTAR PUSTAKA**

Kubutambahan,……..2025

Mengetahui,

Kepala SMKN Bali Mandara **Guru Pengampu**

Ketut Susila Widiagana, S.Pd., M.Pd. **Putu Andika Wirasatriya, S.Pd**
NIP. 19831101 200803 1 001

LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK
(LKPD)

Sekolah : SMK Negeri Bali Mandara

Jurusan : Teknik Jaringan Komputer dan Telekomunikasi

Kelas/Semester : XI/1

Materi Pokok : Routing

Alokasi Waktu :

Tahun Pelajaran : 2024/2025

Tujuan Pembelajaran :

- Peserta didik mampu memahami konsep Routing
- Peserta didik mampu menjelaskan perbedaan Routing statis dan dinamis
- Peserta didik mampu mengkonfigurasi Routing statis dan dinamis menggunakan PNetLab

- Peserta didik mampu mengidentifikasi kesalahan pada konfigurasi Routing
- Peserta didik mampu memperbaiki konfigurasi Routing yang bermasalah
- Peserta didik mampu menguji konektivitas hasil konfigurasi Routing

Kegiatan 1 :

a) Petunjuk Kerja:
   - Buat kelompok yang terdiri dari 3-4 orang
   - Akses PNetLab sesuai akun yang diberikan
   - Unduh jobsheet praktikum routing statis

b) Soal:
   - Buat dokumentasi langkah-langkah konfigurasi routing statis menggunakan PNetLab
   - Presentasikan hasil konfigurasi di depan kelas

c) Rubrik Penilaian Praktik
   - Nama Kelompok :
   - Waktu Praktik :
   - Materi : Implementasi Routing Statis
   - Anggota :

No	Kriteria Penilaian	Kurang (20-39)	Cukup (40-59)	Baik (60-79)	Sangat Baik (80-100)
1	Penguasaan Akhir				
2	Alat Peraga & Presentasi				
3	Kekompakan Pembagian kerja				
4	Penyampaian				

Kegiatan 2 :

a) Petunjuk Kerja:

- Buat kelompok yang terdiri dari 3-4 orang
- Akses PNetLab sesuai akun yang diberikan
- Unduh jobsheet praktikum routing dinamis

b) Soal:

- Buat dokumentasi langkah-langkah konfigurasi routing dinamis menggunakan PNetLab
- Presentasikan hasil konfigurasi di depan kelas

c) Rubrik Penilaian Praktik

- Nama Kelompok :
- Waktu Praktik :
- Materi : Implementasi Routing dinamis
- Anggota :

No	Kriteria Penilaian	Kurang (20-39)	Cukup (40-59)	Baik (60-79)	Sangat Baik (80-100)
1	Penguasaan Akhir				
2	Alat Peraga & Presentasi				
3	Kekompakan Pembagian kerja				
4	Penyampaian				

Penilaian Hasil Belajar

A. Teknik Penilaian : Pengamatan, Tes tertulis, dan Hasil presentasi

Metode	**Bantuk Penilitian**

Sikap	Lembar pengamatan sikap
Pengetahuan	Tes tertulis
Keterampilan	Lembar pengamatan diskusi kelompok, membuat proyek

B. Bentuk instrumen penilaian sikap

No	Aspek yang Dinilai	Teknik	Waktu Penilaian	Instrumen Penilaian
1	a. Spiritual b. Jujur c. Disiplin d. Tanggung jawab e. Kreatif f. Teliti g. Cermat h. Santun	Pengamatan	Proses Pembelajaran	Lembar Pengamatan/ Penilaian

Lembar penilaian sikap terlampir (ABSEN SISWA)

C. Penilaian Pengetahuan : **Soal Essay (terlampir)**

Pengayaan dan Remedi

A. Remedial

1. Modifikasi tugas sesuai penguasaan kompetensi siswa
2. Tutor sebaya
3. Melakukan projek sesuai penguasaan kompetensi siswa

B. Pengayaan

1. Tutor sebaya
2. Melakukan Projek
3. Mengembangkan latihan
4. Memberikan permainan, masalah, atau kompetensi antarsiswa

DASAR TEORI

Pernahkah bertanya-tanya bagaimana kamu bisa terhubung dengan internet? Jawabannya adalah

I. PENGERTIAN ROUTING

Routing merupakan protokol yang digunakan untuk menemukan rute optimal dari satu jaringan ke jaringan lain. Rute ini disebut dengan route, dan informasi route dapat diberikan ke router lain secara dinamis maupun statis. Routing pada dasarnya adalah proses di mana router meneruskan (forwarding) paket data ke jaringan tujuan. Router membuat keputusan berdasarkan alamat IP tujuan paket. Semua router menggunakan alamat IP tujuan untuk menentukan ke mana paket harus dikirim. Agar keputusan routing tepat, router perlu mempelajari cara mencapai tujuan tersebut.

Seorang administrator jaringan memilih protokol routing berdasarkan beberapa faktor, antara lain: ukuran dan kompleksitas jaringan, bandwidth yang tersedia, kapasitas pemrosesan router, merek dan model router, serta protokol yang digunakan dalam jaringan. Pemilihan jenis routing yang tepat sangat tergantung pada kebutuhan dan karakteristik jaringan yang dikelola.

Routing statis memiliki karakteristik berupa konfigurasi rute yang dilakukan secara manual oleh administrator, tabel routing yang diisi dan diperbarui secara manual, cocok untuk implementasi pada jaringan kecil dan sederhana, serta tidak terdapat pertukaran informasi routing antar router. Kelebihan routing statis antara lain keamanan lebih tinggi karena dikontrol penuh oleh administrator, penggunaan bandwidth yang lebih efisien, tidak memerlukan prosesor berperforma tinggi, troubleshooting lebih mudah karena rute yang tetap dan terprediksi, serta penggunaan sumber daya router lebih hemat. Namun routing statis juga memiliki kekurangan yaitu tidak sesuai untuk jaringan berskala besar, sulit beradaptasi dengan perubahan topologi jaringan, membutuhkan waktu lebih lama untuk konfigurasi, rentan terhadap kesalahan manusia saat konfigurasi, dan memerlukan konfigurasi ulang saat terjadi perubahan topologi.

Sementara itu, routing dinamis memiliki karakteristik berupa router yang mempelajari jaringan secara otomatis, menggunakan protokol routing khusus seperti RIP, OSPF, atau EIGRP, tabel routing yang diperbarui secara otomatis, terdapat pertukaran informasi routing antar router, dan ideal untuk

jaringan besar dan kompleks. Kelebihan routing dinamis mencakup kemampuan beradaptasi secara otomatis terhadap perubahan jaringan, konfigurasi lebih sederhana untuk jaringan berskala besar, kemampuan mencari rute alternatif secara otomatis saat terjadi kegagalan, lebih skalabel untuk jaringan yang berkembang, dan dapat mengurangi beban kerja administrator. Adapun kekurangan routing dinamis antara lain penggunaan bandwidth yang lebih banyak untuk pertukaran informasi routing, memerlukan prosesor dengan kapasitas lebih tinggi, tingkat keamanan lebih rendah karena adanya pembaruan otomatis, konsumsi sumber daya router lebih tinggi, dan troubleshooting yang lebih kompleks karena rute yang dinamis.

Routing statis ideal untuk jaringan kecil dengan topologi yang jarang berubah, sementara routing dinamis lebih sesuai untuk jaringan berskala besar dengan perubahan topologi yang sering terjadi. Administrator jaringan perlu mempertimbangkan faktor keamanan, skalabilitas, kemudahan pengelolaan, dan ketersediaan sumber daya dalam memilih jenis routing yang akan diimplementasikan pada infrastruktur jaringan mereka.

II. ROUTING STATIS

Routing statis adalah metode routing dimana tabel routing dan rute jaringan dikonfigurasi secara manual oleh administrator jaringan. Pada routing statis, administrator harus menentukan secara spesifik rute atau jalur yang akan digunakan untuk mengirimkan paket data dari satu jaringan ke jaringan lainnya.

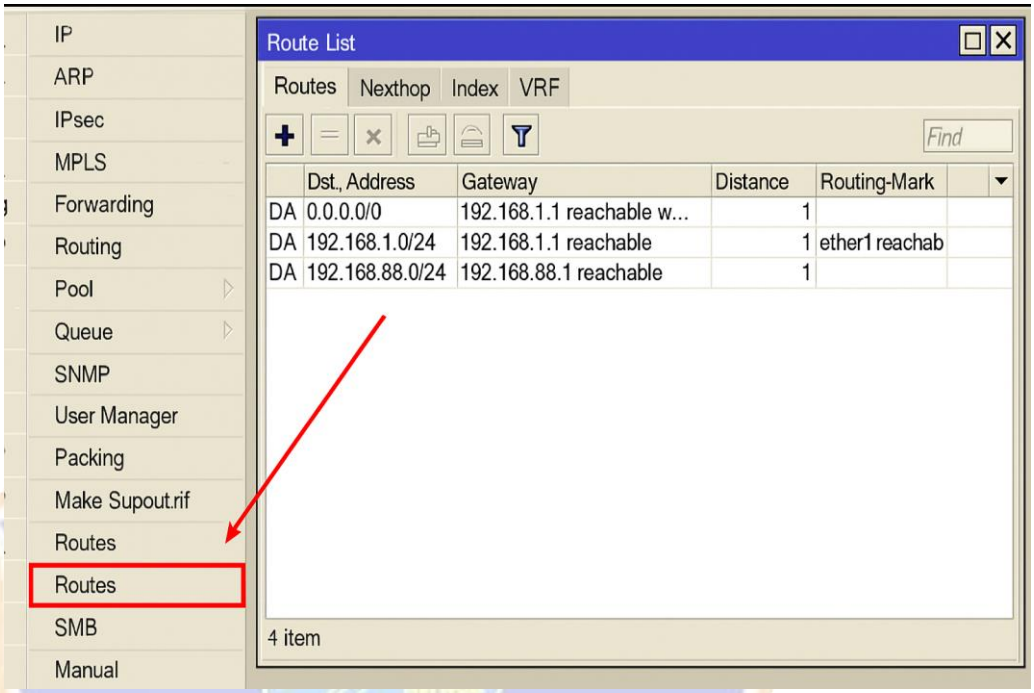
1. Komponen Routing

a) RIB berisi rute yang dikelompokkan dalam tabel rute terpisah berdasarkan nilai tanda-routingnya. Semua rute tanpa mark route disimpan di tabel rute utama. Tabel ini digunakan untuk pemilihan rute terbaik. Tabel utama juga digunakan untuk pencarian nexthop. RIB sering disebut table routing. RIB berisi daftar rute ke jaringan tertentu dan juga berisi metric (nilai/prioritas) dari masing-masing rute.

Fungsi RIB :

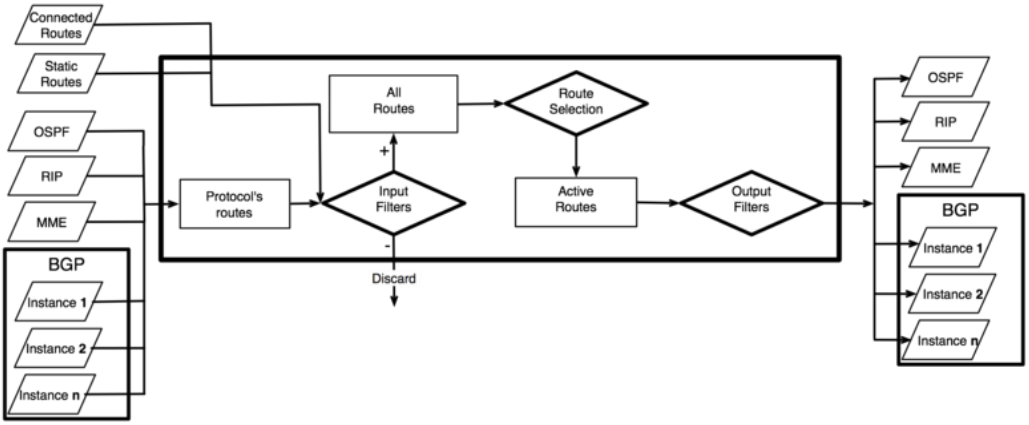
- Menyaring informasi routing dari semua jenis routing protocol.
- Mengkalkulasi dan memilih jalur terbaik ke jaringan tertentu.
- Mendistribusikan informasi routing ke routing protocol lain.

Untuk table RIB bisa dilihat di menu IP > Routes > Routes List



b) FIB (Forwarding Information Base), yang digunakan untuk membuat keputusan penerusan paket. Ini berisi salinan informasi routing yang diperlukan. FIB merupakan hasil olahan dari RIB yang telah tersaring. FIB merupakan informasi routing yang disimpan dalam cache. Secara default (bila tidak ada 'routing mark' yang digunakan) semua rute aktif akan ada pada tabel routing utama (main). Hanya ada satu rule implicit yang tersembunyi (rule 'catch all') yang menggunakan tabel utama untuk semua pencarian routing

2. Routing Information Base



Gambar 3.2 Routing Information Base

RIB (Routing Information Base) berisi informasi routing lengkap, termasuk route statis dan aturan kebijakan routing yang dikonfigurasi oleh user, informasi routing yang dibaca dari protokol routing, informasi tentang jaringan yang terhubung. RIB digunakan untuk menyaring informasi routing, menghitung route terbaik untuk setiap *destination-prefix*, membangun dan memperbarui *Forwarding Information Base* dan mendistribusikan route antara routing protocol yang berbeda. Secara default keputusan routing hanya didasarkan pada nilai alamat tujuan. Setiap rute memiliki properti *dst-address*, yang menentukan semua alamat tujuan yang dapat digunakan oleh rute ini. Jika ada beberapa rute yang berlaku untuk alamat IP tertentu, yang paling spesifik (dengan netmask terbesar) itu yang digunakan. Operasi ini (menemukan rute paling spesifik yang cocok dengan alamat yang diberikan) disebut *routing table lookup*.

Jika tabel routing berisi beberapa rute dengan alamat dst yang sama, hanya satu dari mereka yang dapat digunakan untuk meneruskan paket. Rute ini dipasang ke FIB dan ditandai sebagai aktif. Ketika meneruskan keputusan menggunakan informasi tambahan, seperti alamat sumber paket, itu disebut *policy routing*. *Policy routing* diimplementasikan sebagai *list of policy routing rules*, yang memilih tabel routing yang berbeda berdasarkan alamat tujuan, alamat sumber, interface sumber, dan *routing mark* (dapat diubah dengan aturan firewall mangle) dari paket. Semua rute secara default disimpan di tabel routing utama. Jalur routing dapat dicantumkan ke tabel routing tertentu dengan mengatur properti *mark routing* ke nama tabel

routing lain. Tabel routing dirujuk dengan namanya, dan dibuat secara otomatis saat dirujuk dalam konfigurasi. Setiap tabel routing hanya dapat memiliki satu rute aktif untuk setiap nilai dst-address IP prefix.

3. Jenis Route berdasarkan asal dan propertinya.

a) Default route

Route dengan alamat dst 0.0.0.0/0 berlaku untuk setiap alamat tujuan. Route seperti ini disebut *default route*. Jika tabel routing berisi *default route* aktif, maka pencarian tabel routing dalam tabel ini tidak akan pernah mengalami masalah.

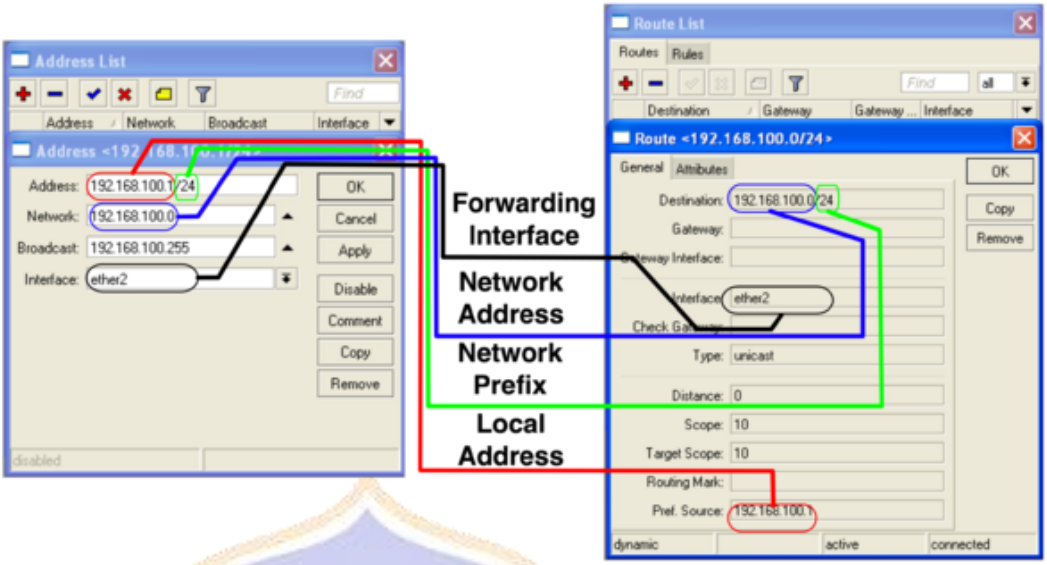
	Dst. Address	Gateway	Distance	Routing Mark	Pref. Source
AS	0.0.0.0/0	11.1.1.1 reachable ether1	1		
DAC	11.1.1.0/30	ether1 reachable	0		11.1.1.2
DAC	192.168.1.0/24	ether3 reachable	0	vrf-dua	192.168.1.1
DAC	192.168.1.0/24	ether2 reachable	0	vrf-satu	192.168.1.1

Gambar 3.3 Default route pada mikrotik

b) Connected routes

Nilai-nilai rute dan alamat yang sesuai Rute yang terhubung dibuat secara otomatis untuk setiap jaringan IP yang memiliki setidaknya satu antarmuka yang diaktifkan yang menyertainya (sebagai spesifikasi dalam konfigurasi / alamat ip). RIB melacak status rute yang terhubung, tetapi tidak memodifikasinya. Untuk setiap rute yang terhubung ada satu item alamat ip sedemikian rupa sehingga:

- bagian alamat *dst-address* dari route yang terhubung sama dengan *network* dari item alamat ip.
- bagian netmask *dst-address* dari route yang terhubung sama dengan bagian netmask *address* dari item alamat ip.
- *pre-src* dari route yang terhubung sama dengan alamat bagian dari *address* item alamat ip.
- *interface* route yang terhubung sama dengan *actual-interface* dari item alamat ip (sama seperti interface, kecuali untuk port interface bridge).



Gambar 3.4 Connected route

c) Multipath (ECMP) routes

Untuk mengimplementasikan beberapa pengaturan, seperti load balancing, mungkin perlu menggunakan lebih dari satu jalur ke tujuan tertentu. Namun, tidak mungkin memiliki lebih dari satu route aktif ke tujuan dalam tabel routing tunggal.

Route ECMP (Equal cost multi-path) memiliki beberapa nilai gateway nexthop. Semua nexthops yang dapat dijangkau disalin ke FIB dan digunakan dalam penerusan paket. Protokol OSPF dapat membuat rute ECMP. Rute tersebut juga dapat dibuat secara manual.

Karena hasil keputusan penerusan di-cache, paket dengan *source address, destination address, source interface, routing mark* yang sama dan ToS dikirim ke gateway yang sama. Ini berarti bahwa satu koneksi hanya akan menggunakan satu link di setiap arah, sehingga route ECMP dapat digunakan untuk menerapkan penyeimbangan beban per-koneksi.

d) Routes with interface as a gateway

Nilai gateway dapat ditentukan sebagai nama interface sebagai ganti alamat IP nexthop. Route tersebut memiliki sifat khusus berikut:

- Tidak seperti connected route, route dengan interface nexthops tidak digunakan untuk pencarian nexthop.
- Dimungkinkan untuk menetapkan beberapa interface sebagai nilai gateway, dan membuat route ECMP. Tidak mungkin memiliki connected route dengan multiple gateway value.

4. Pengenalan Fungsi Routing Dasar

Apabila kita memiliki sebuah destination (tujuan) routing, misal rule routing untuk akses perangkat server. Nah, untuk menjaga kemungkinan adanya permasalahan pada link, maka kita akan membuat beberpa link sebagai gateway ke server tersebut.

Dari contoh kasus diatas kita bisa melakukan beberapa konfigurasi pada tabel routing. Namun sebelum itu kita harus mengetahui bagaimana router menentukan jalur routing (Route Decision).

a) Route Decision

Sebagai contoh dibawah ini ada sebuah tabel yang berisi beberapa rule routing dengan multiple gateway. Misal, dari tabel tersebut apabila kita ingin menuju ke sebuah perangkat sever dengan IP Address 192.168.0.2. Nah, rule routing mana yang akan diprioritaskan?

Gambar 3.5 Route decision

Ada beberapa mekanisme bagaimana router memilih jalur routing yaitu antara lain sebaga berikut.

1) Rule routing yang paling spesifik (Misal, 192.168.1.128/26 lebih spesifik dari 192.168.1.1/24).
2) Distance (Router akan memilih nilai distance yang paling kecil).

Destination	Gateway	Distance	Prioritas
192.168.0.0/27	192.168.1.1	1	2
192.168.0.0/29	192.168.2.1	1	1
192.168.0.0/24	192.168.3.1	5	4
192.168.0.0/24	192.168.4.1	1	3

3) Round Robin (Random. Apabila Rule tersebut sama-sama spesifik dan memiliki nilai distance yang sama. Biasa disebut sebagai Load Balance).

Jadi, apabila melihat contoh tabel diatas bisa dihasilkan prioritas seperti tampilan berikut:

Gambar 3.6 Prioritas routing

Kembali pada contoh kasus sebelumnya, dengan memiliki beberapa gateway untuk sebuah destination (tujuan) kita bisa melakukan sebuah mekanisme jalur backup. Hal ini lebih dikenal dengan istilah Failover.

Destination	Gateway	Distance	Prioritas
192.168.0.0/27	192.168.1.1	1	
192.168.0.0/29	192.168.2.1	1	?
192.168.0.0/24	192.168.3.1	5	
192.168.0.0/24	192.168.4.1	1	

Untuk melakukan failover kita bisa memanfaatkan pengaturan pada nilai distance.

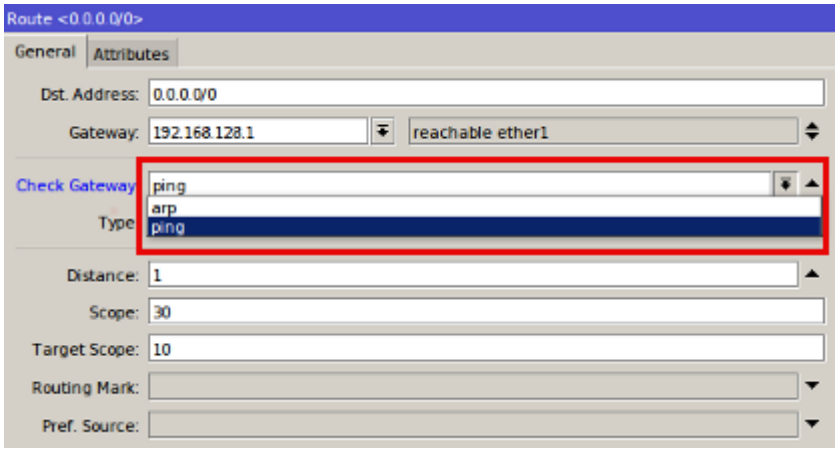
b) Distance

Seperti yang telah disinggung pada contoh tabel sebelumnya, dengan distance ini kita bisa menentukan jalur routing mana yang menjadi prioritas dan yang menjadi sebuah jalur backup. Secara default nilai distance pada MikroTik dari 0 (Nol) - 8 (Delapan). Semakin kecil nilai distance maka rule tersebut akan semakin diprioritaskan.

Nah, oleh karena itu kita harus memberikan nilai distance yang kecil untuk jalur utama dan apabila jalur utama putus maka secara otomatis akan memakai jalur lain dengan nilai distance yang lebih besar.

c) Check Gateway

Supaya dapat menjalankan failover dengan baik selain konfigurasi nilai distance, kita juga akan mengatur parameter Check Gateway.



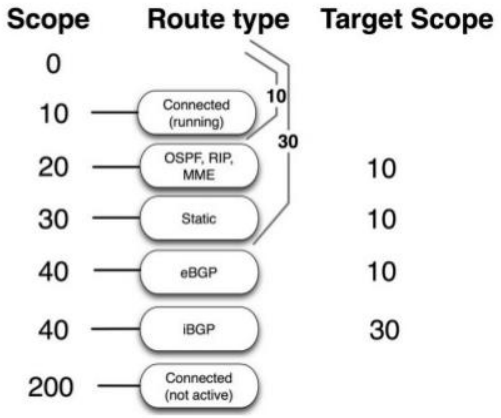
Gambar 3.7 Option check gateway

Mekanisme pengecekan gateway ini akan menggunakan ARP Request atau Test Ping yang akan dikirimakan setiap 10 detik. Sebuah link akan dianggap sebagai "Gateway Time-Out" apabila tidak menerima respon selama kurang lebih 10 detik dari mesin gateway. Dan akan dianggap "Unreachable" jika terjadi 3 kali gateway time-out secara berurutan.

d) Scope & Target Scope

Contoh diatas apabila link yang putus adalah link yang terhubung langsung dengan router gateway. Namun, bagaimana jika kasusnya adalah apabila yang putus adalah diatas router gateway yang tidak terhubung langsung (Recursive). Apabila ita melihat mekanisme pengecekan gateway sebelumnya yang memakai metode ARP Request dan Test ping akan mengecek jalur yang ke router gateway sehingga tidak bisa melakukan pengecekan pada jalur diatasnya.

Untuk mengatasi hal tersebut kita bisa menggunakan parameter "Scope & Target Scope" pada konfigurasi routing. Secara default router akan memberikan niali dari scope dan target scope untuk masing-masing type routing yang nilainya juga berbeda.



Gambar 3.8 Scope dan target scope

Berkaitan dengan masalah diatas kita bsa mengubah nilai dari "Target Scope" sehingga pengecekan gateway akan langsung ke jalur yang diatas router gateway, walaupun secara real trafik masih tetap melewati router gateway tersebut. Sebagai contoh seperti tampilan berikut:

	Dst. Address	Gateway	Check ...	Distance	Scope	Target Scope
AS	0.0.0.0/0	10.10.10.100 reachable wlan1		1	30	10
DAC	10.10.10.0/24	wlan1 reachable		0	10	10
DAC	172.16.9.2	ether2 reachable		0	10	10
DAC	172.16.9.4	ether3 reachable		0	10	10
AS	172.16.9.5	172.16.9.2 reachable ether2		1	30	10
AS	172.16.9.6	172.16.9.2 reachable ether2		1	30	10
AS	172.16.9.7	172.16.9.4 reachable ether3		1	30	10
AS	172.16.9.8	172.16.9.4 reachable ether3		1	30	10
DAC	192.168.31.0/24	ether1 reachable		0	10	10
AS	192.168.32.0/24	172.16.9.2 reachable ether2	ping	1	30	10
S	192.168.32.0/24	172.16.9.4 reachable ether3		2	30	10
AS	192.168.33.0/24	172.16.9.4 reachable ether3	ping	1	30	10
S	192.168.33.0/24	172.16.9.2 reachable ether2		1	30	10
AS	192.168.34.0/24	172.16.9.6 recursive via 172.16.9.2 ether2	ping	1	30	30
S	192.168.34.0/24	172.16.9.4 reachable ether3		2	30	10

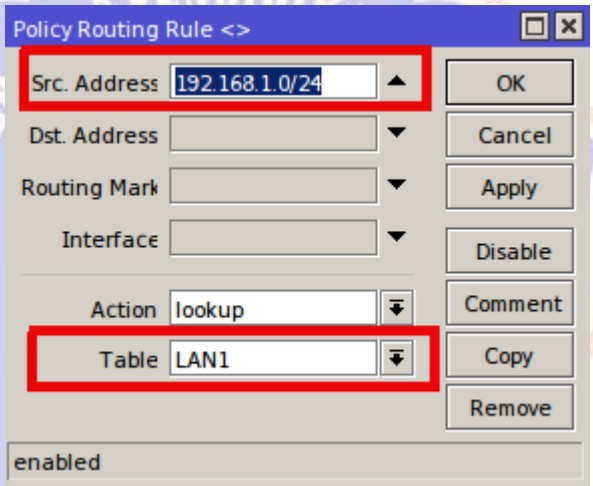
Gambar 3.9 Target scope yang telah di ubah

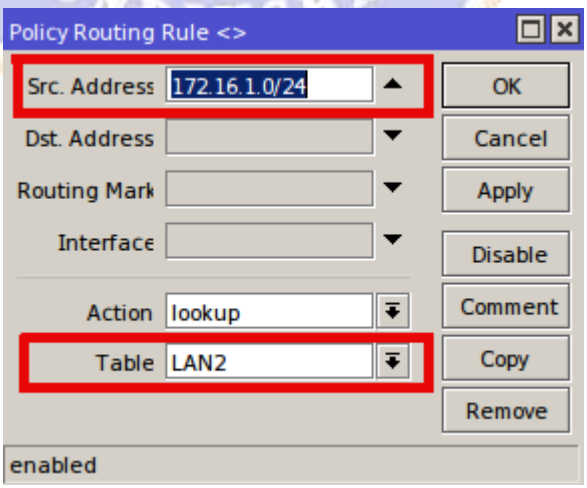
Seperti pada gambar diatas, untuk rule routing dengan flag "AS" secara default akan memakai nilai target scope yaitu 10. Akan tetapi kita bisa mengubahnya menjadi '30'. Hal ini berarti apabila target scope memakai nilai '10' maka untuk pengecekan jalur selanjutnya akan melihat rule routing dengan nilai scope '10'. Dan apabila kita merubah nilai target scope menjadi '30' maka untuk pengecekan selanjutnya akan melihat rule routing dengan nilai scope '30'. Sehingga untuk penulisan gateway bisa langsung kita arahkan/isikan dengan IP Address yang berada diatas router gateway.

e) Route Policy

Selain Failover kita bisa menggunakan fungsi routing untuk memetakan koneksi secara sederhana. Misal, kita mempunyai 2 gateway untuk ke internet. Namun, kita akan membuat 2 jalur tersebut untuk jaringan LAN yang berbeda segment dan masing LAN akan memiliki jalur sendiri. Katakanlah ada 2 network LAN yaitu 192.168.1.0/24 akan menggunakan link internet jalur 1 dan network LAN 172.16.1.0/24 akan menggunakan link internet jalur 2.

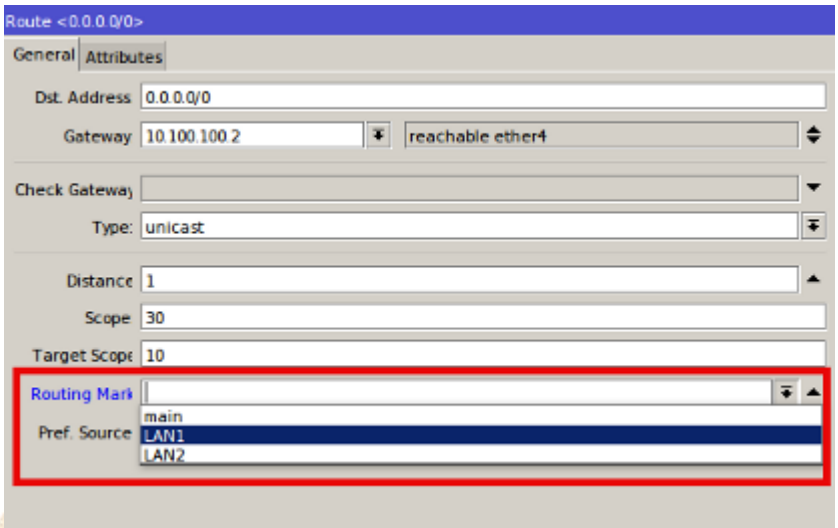
Nah, dengan kebutuhan tersebut kita bisa mengaturnya pada Route Policy. Untuk konfigurasinya kita buat terlebih dahulu route policy untuk kedua LAN tersebut. Masuk pada menu IP -> Routes -> Rules -> Klik Add [+]. Kemudian kita konfigurasi seperti tampilan berikut.





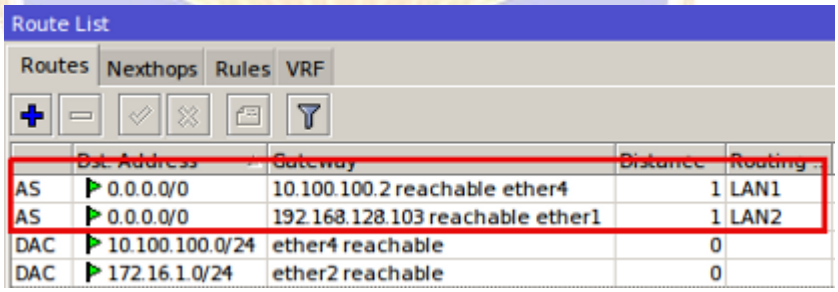
Gambar 3.10 Routing policy

Setelah kita tentukan masing-masing network dengan mengisikan pada parameter table dengan nama yang berbeda, kita akan memasukkannya pada paramtere "Route Mark" untuk masing-masing jalur link ke internet.



Gambar 3.11 Routing mark

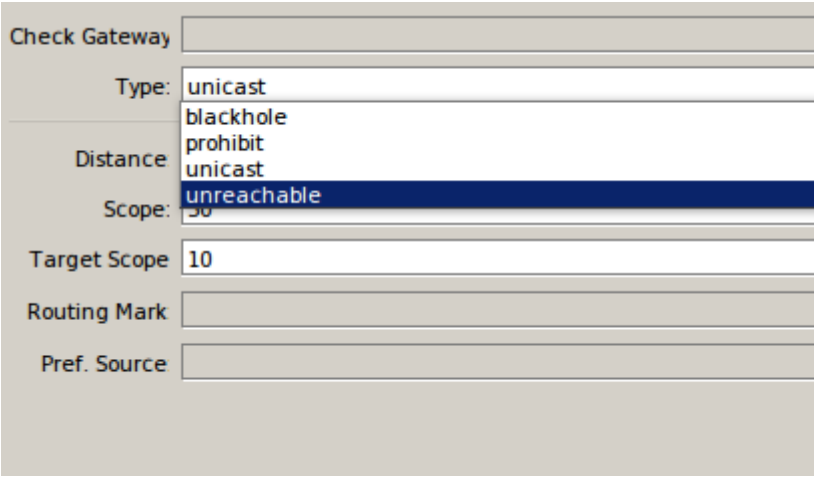
Langkah diatas juga sama dilakukan pada jalur link yang lain untuk opsi LAN2. Apabila sudah ditambahkan, maka akan kita dapati 2 link ke internet sama-sama aktif walaupun memiliki nilai distance yang sama. Hal ini disebabkan kita telah menentukan “Routing Mark” dengan masing-masing route policy yang telah kita buat sebelumnya.



Gambar 3.12 Tabel routing

f) Parameter Routing Type

Selain fungsi-fungsi diatas, ada lagi sebuah fungsi routing yang bisa digunakan untuk kebutuhan keamanan jaringan. Kita bisa mengaturnya pada pamarameter Type.



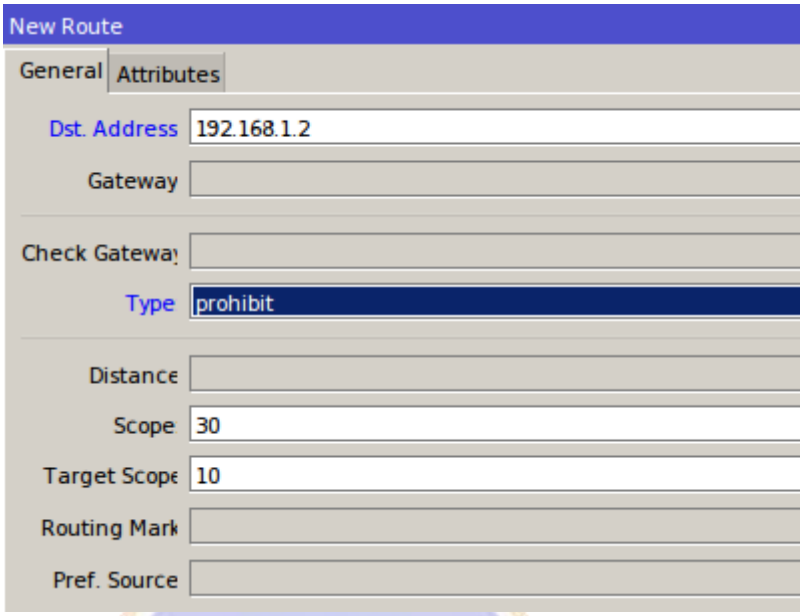
Gambar 3.13 Parameter routing type

Pada parameter tersebut kita bisa melihat beberapa macam opsi. Untuk fungsi keamanan jaringan kita bisa memilih beberapa parameter berikut:

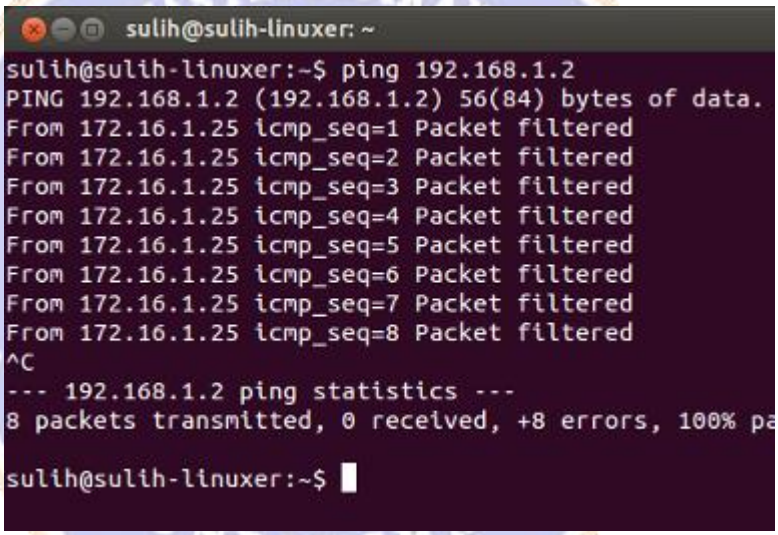
- Blackhole (Melakukan blocking secara diam-diam).
- Prohibit (Melakukan blocking dan mengirimkan pesan error ICMP "Administratively prohibited atau Packet filtered ".
- Unreachable (Melakukan blocking dan mengirimkan pesan error ICMP "Host Unreachable".

Nah, apabila kita menggunakan ketiga parameter diatas, kita tidak memerlukan untuk mendefinisikan gateway. Misal, jika kita ingin melakukan blocking IP address tujuan tertentu, maka kita hanya mengisi parameter "Dst. Address" dan kita tentukan parameter "type".

Sebagai contoh kita akan melakukan blocking koneksi ke tujuan IP Address 192.168.1.2 dengan type "Prohibit". Sehingga perangkat dengan IP Address tersebut tidak dapat diakses oleh perangkat lain di jaringan lokal kita.



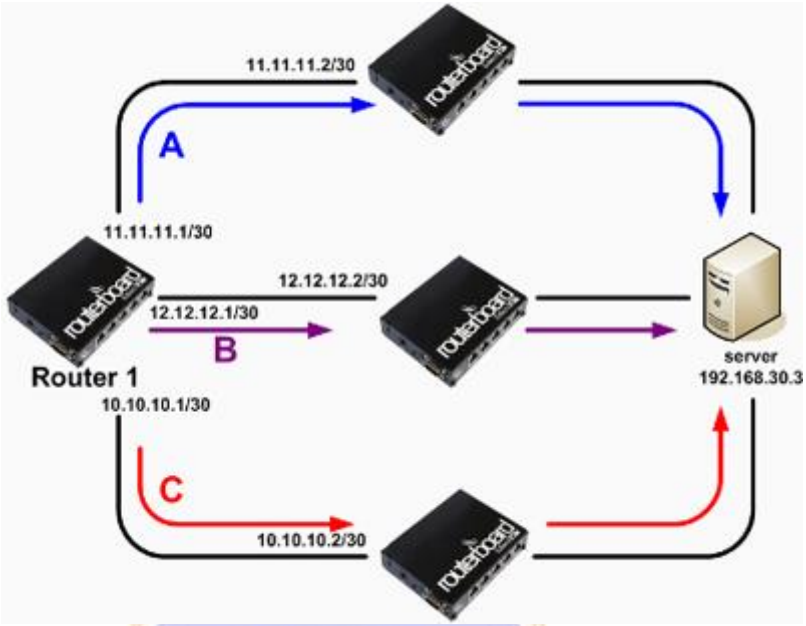
Gambar 3.14 Parameter routing type



Gambar 3.15 Hasil uji coba parameter type

5. Pemilihan Jalur Routing

Routing merupakan sebuah mekanisme pengiriman paket data yang ditransmisikan dari satu network ke network yang lain. Pada sebuah router, biasanya mempunyai sebuah tabel routing atau lebih yang menyimpan informasi jalur routing yang akan digunakan ketika ada pengiriman data yang melewati router. Pada kasus tertentu untuk menuju ke suatu tujuan, router tidak hanya memiliki satu gateway, misalnya karena router harus menghubungkan banyak jaringan yang memiliki segmen yang berbeda. Contoh sederhana bisa kita lihat di topologi berikut :



Gambar 3.16 Topologi routing

Lalu bagaimana router menentukan pemilihan jalur routing nya?. Gateway mana yang akan digunakan Router 1 untuk menuju ke Server? Ketika ada lebih dari satu rule routing, router memiliki mekanisme perhitungan jalur routing yang akan digunakan router untuk transmisi data. Pemilihan jalur Routing didasarkan pada beberapa parameter yaitu dst-address dan distance pada tiap rule routing.

- Pertama, router akan memilih rule routing dengan dst-address yang paling spesifik.
- Kemudian Router akan melihat nilai pada parameter Distance di tiap rule routing, semakin kecil Distance, maka rule itu akan digunakan.
- Jika terdapat beberapa rule routing dengan dst-address sama spesifik dan distance sama, maka Router akan memilih dengan Random (round robin).

Dari topologi sebelumnya, didapat rule routing seperti gambar.

	Dst Address	Gateway	Distance	Prioritas
A	192.168.30.0/24	11.11.11.2	1	
B	192.168.30.0/29	12.12.12.2	1	
C	192.168.30.0/24	10.10.10.2	2	

Gambar 3.17 Tabel routing yang prioritasnya belum terisi

Bagaimana urutan prioritas jalur yg akan digunakan Router 1?. Kita akan coba bahas berdasarkan mekanisme pemilihan jalur routing oleh router. Perlu diingat, trafik yang akan ditransmisikan adalah trafik dari Router 1 menuju ke Server dengan IP Address 192.168.30.3. Coba perhatikan pada rule routing tadi, Untuk tujuan IP 192.168.30.3 dst-address=192.168.30.0/29 lebih spesifik dibanding dst-address=192.168.30.0/24, sehingga rule B akan digunakan sebagai prioritas pertama. Lalu rule mana yang akan dijadikan prioritas 2 dan 3?. Perhatikan rule A dan C. Keduanya memiliki dst-address yg sama - sama /24, akan tetapi nilai distance kedua rule tersebut berbeda. Antara rule routing A dan C, router akan memilih A, karena nilai parameter distance pada rule A lebih kecil dibanding rule C. Bisa disimpulkan bahwa dari pembahasan tadi akan didapat jawaban seperti berikut:

	Dst Address	Gateway	Distance	Prioritas
A	192.168.30.0/24	11.11.11.2	1	2
B	192.168.30.0/29	12.12.12.2	1	1
C	192.168.30.0/24	10.10.10.2	2	3

Gambar 3.18 Tabel routing yang sudah isi prioritas

By default nilai distance ditentukan sesuai jenis routing yang diterapkan, misalnya untuk Static Route=1, OSPF=110, RIP=120, dsb. Akan tetapi nilai parameter distance tersebut bisa juga diubah, untuk membuat sebuah mekanisme failover sederhana. Contoh impelementasi failover sederhana adalah ketika ada 2 rule routing dengan distance yang berbeda, perhatikan rule routing berikut:

```
/ip route
add dst-address=192.168.30.0/24 gateway=11.11.11.2 distance=1 check-gateway=ping
add dst-address=192.168.30.0/24 gateway=10.10.10.2 distance=2
```

Gambar 3.19 Rule routing

Pada contoh tersebut, jalur utama untuk menuju ke 192.168.30.0/24 adalah gateway 11.11.11.2. Jika gateway 11.11.11.2 putus/mati, maka secara otomatis informasi rule routing yang akan digunakan router untuk transmisi data akan berpindah menggunakan jalur backup, yaitu gateway 10.10.10.2. Admin jaringan tidak perlu repot - repot mengganti informasi tabel routing secara manual.

6. **Permasalahan Routing Statis**

- Membutuhkan administrator dan operator yang paham akan jaringan
  Kelemahan dari static routing yang pertama berasal dari SDM, alias mereka yang mengoperasikan router tersebut. Setiap administrator dan juga operator harus paham betul mengenai prinsip routing dan juga proses manajemen pada tabel routing, agar proses routing dapat berjalan dengan lancar dan tak terjadi kesalahan rute pengiriman.
- Sulit diterapkan pada jaringan berskala besar
  Dengan keterbatasan pada kemampuan sumber daya manusia, maka static routing sangat tidak cocok untuk diterapkan dalam jaringan yang berskala besar. Hal ini akan sangat merepotkan kerja dari administrator ataupun operator, dan sangat tidak efektif untuk digunakan.
- Proses edit data pada table routing harus dilakukan secara manual
  Apabila sistem harus menutup ataupun membuka sebuah rute pada proses routing, maka sebelumnya harus dilakukan pengeditan dan pembaruan terlebih dahulu pada tabel routing secara manual. Hal ini akan menyulitkan operator, dan juga dapat mengurangi efisiensi waktu dari proses routing yang akan berlangsung.

III. ROUTING DINAMIS

Routing dinamis adalah mekanisme routing yang tabel routing-nya (daftar jalur jaringan) dibuat dan diperbarui secara otomatis oleh router berdasarkan lalu lintas jaringan dan informasi dari router lain. Berbeda dengan routing statis, di mana administrator jaringan harus memasukkan

rute secara manual. Routing dinamis menggunakan protokol routing untuk bertukar informasi dan menyesuaikan jalur secara otomatis.

1. Macam-Macam Protokol Routing Dinamis

Seiring dengan perkembangan jaringan komputer, berbagai protokol routing dinamis telah dikembangkan untuk mengoptimalkan pertukaran informasi antar-router. Berikut adalah beberapa protokol routing dinamis yang umum digunakan:

a) RIP (Routing Information Protocol)

RIP adalah protokol routing berbasis *distance-vector* yang menggunakan jumlah *hop* sebagai metrik untuk menentukan jalur terbaik. Terdapat dua versi utama:

- RIPv1:
  - Mendukung routing *classful*.
  - Tidak menyertakan informasi subnet dalam pembaruan routing.
  - Tidak mendukung VLSM (Variable Length Subnet Mask).
  - Menggunakan broadcast untuk mengirim pembaruan routing.
  - Tidak menyediakan mekanisme autentikasi.
- RIPv2:
  - Mendukung routing *classless*.
  - Menyertakan informasi subnet dalam pembaruan routing.
  - Mendukung VLSM dan CIDR.
  - Menggunakan multicast (alamat 224.0.0.9) untuk mengirim pembaruan routing.
  - Mendukung autentikasi untuk keamanan tambahan.

Kelebihan RIP:

- Sederhana dan mudah dikonfigurasi.
- Menggunakan metode *triggered updates* untuk mempercepat konvergensi.
- Cocok untuk jaringan kecil dengan topologi sederhana.

b) IGRP (Interior Gateway Routing Protocol)

IGRP adalah protokol routing berbasis *distance-vector* yang dikembangkan oleh Cisco untuk mengatasi keterbatasan RIP. IGRP menggunakan metrik komposit yang mempertimbangkan bandwidth, delay, load, dan reliability untuk menentukan jalur terbaik.

Kelebihan IGRP:

- Mendukung hingga 255 *hop count*, lebih tinggi dibandingkan RIP yang hanya mendukung hingga 15 *hop count*.
- Menggunakan metrik komposit untuk pemilihan jalur yang lebih optimal.
- Cocok untuk jaringan besar dengan topologi kompleks.

c) OSPF (Open Shortest Path First)

OSPF adalah protokol routing berbasis *link-state* yang menggunakan algoritma Dijkstra untuk menghitung jalur terpendek. OSPF mendukung pembagian jaringan menjadi area untuk mengurangi beban routing dan meningkatkan efisiensi.

Kelebihan OSPF:

- Tidak menghasilkan *routing loop*.
- Mendukung penggunaan beberapa metrik sekaligus.
- Memungkinkan pembagian jaringan besar menjadi beberapa area untuk manajemen yang lebih baik.
- Waktu konvergensi yang cepat.
- Mendukung autentikasi untuk keamanan tambahan.

d) EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol)

EIGRP adalah protokol routing hibrida yang menggabungkan fitur dari protokol *distance-vector* dan *link-state*. EIGRP menggunakan algoritma DUAL (Diffusing Update Algorithm) untuk menghitung jalur terbaik dan mendukung *load balancing* pada jalur dengan metrik yang tidak sama.

Kelebihan EIGRP:

- Konvergensi cepat dan efisien.
- Mendukung *load balancing* pada jalur dengan metrik yang berbeda.
- Menggunakan *hello packets* untuk menjaga hubungan antar-router.

- Mendukung VLSM dan CIDR.
- Mendukung autentikasi untuk keamanan tambahan.

e) BGP (Border Gateway Protocol)

BGP adalah protokol routing berbasis *path-vector* yang digunakan untuk pertukaran informasi routing antar *autonomous system* (AS) di internet. BGP membuat keputusan routing berdasarkan jalur, kebijakan jaringan, dan aturan yang dikonfigurasi oleh administrator jaringan.

Kelebihan BGP:

- Mampu menangani routing antar-AS di internet.
- Mendukung kebijakan routing yang kompleks.
- Menggunakan TCP untuk keandalan dalam pertukaran informasi routing.
- Dapat mengelola ribuan rute dengan efisien.

2. Cara Kerja Routing Dinamis

Routing dinamis memungkinkan router untuk secara otomatis membangun dan memperbarui tabel routing berdasarkan informasi yang diterima dari router tetangga. Proses umum dalam routing dinamis meliputi:

a) Penemuan Tetangga: Router mengidentifikasi router tetangga melalui pertukaran pesan *hello* atau mekanisme serupa.
b) Pertukaran Informasi Routing: Router saling bertukar informasi routing untuk membangun gambaran topologi jaringan.
c) Pemilihan Jalur Terbaik: Berdasarkan metrik yang digunakan (misalnya, jumlah *hop*, bandwidth, delay), router menghitung jalur terbaik ke setiap tujuan.
d) Pembaruan Tabel Routing: Router memperbarui tabel routing mereka berdasarkan informasi terbaru dan perhitungan jalur terbaik.
e) Konvergensi: Proses di mana semua router dalam jaringan mencapai kesepakatan tentang topologi jaringan dan tabel routing yang konsisten.

Dengan menggunakan routing dinamis, administrator jaringan dapat mengurangi beban kerja manual dalam mengelola tabel routing dan memastikan

bahwa jaringan dapat menyesuaikan diri secara otomatis terhadap perubahan topologi, seperti penambahan atau kegagalan link.

ASESMEN DIAGNOSTIK NON KOGNITIF

Asesmen non kognitif ditujukan untuk mengukur aspek psikologis dan kondisi emosional peserta didik. Asesmen non kognitif lebih mengutamakan pada kesejahteraan psikologi dan sosial emosi peserta didik.
Asesmen diagnosis non kognitif di awal pembelajaran diberikan pada siswa untuk mengetahui:

- Kesejahteraan psikologi dan emosional siswa.
- Kondisi keluarga siswa.
- Pergaulan dan pertemanan siswa.
- Gaya belajar siswa.

Daftar pertanyaan kunci Asesmen Diagnostik Non Kognitif :

1. Bagaimana perasaanmu saat ini? Pilih salah satu emoticon dibawah ini!

2. Apa yg kamu lakukan pada saat sedang marah/senang/sedih? 3.
3. Apa saja hal yg menyenangkan/tidak menyenangkan yg kamu lakukan selama berada di rumah?
4. Apa yg membuatmu merasa cemas/khawatir?
5. Apa yg membuatmu merasa marah/senang/sedih?
6. Siapa yg dapat membuatmu bahagia/sedih?
7. Bagaimana keadaan hidupmu saat ini? Pilih salah satu emoticon

dibawah ini!

8. Apa saja kejadian yg paling menyakitkan/membahagiakan yg terjadi dalam hidupmu?

9. Apa yg kamu lakukan saat menghadapi masalah?
10. Siapa saja yg kamu ajak bicara saat menghadapi masalah?
11. Bagaimana hubunganmu dengan orangtua?
12. Bagaimana hubunganmu dengan kakak/adik?
13. Siapa saja yg tinggal bersamamu dirumah?
14. Apakah keluargamu sering melakukan kegiatan bersama-sama, seperti makan dan menonton tv?
15. Seberapa sering kamu bercerita/curhat kepada orangtua/kakak/adik? 11.Bagaimana peranmu didalam keluarga?
16. Bagaimana keadaan ekonomi keluargamu saat ini? Mapan/sulit? 13.Bagaimana keluargamu menghabiskan waktu libur bersama?
17. Seberapa sering orangtuamu bertengkar jika ada masalah?
18. Kegiatan apa yg sering kamu lakukan bersama teman dan sahabatmu?
19. Berapa banyak teman dan sahabatmu dan seberapa besar pengaruh serta peran mereka dalam hidupmu?
20. Seberapa sering kamu berdiskusi/curhat kepada teman dan sahabatmu?
21. Bagaimana hubunganmu dengan teman dan sahabatmu saat ini?
22. Apa hal yg tidak kamu sukai sangat menjalin komunikasi bersama teman dan sahabatmu

ANGKET GAYA BELAJAR

Nama Siswa :

Kelas :

Petunjuk Pengisian :

Berilah tanda ceklis pada salah satu jawaban yg menurut anda paling sesuai dengan keadaan anda untuk setiap pernyataan yg diberikan!

No	Pertanyaan	SS	S	TS	STS
1	Apabila materi pelajaran diberikan dalam bentuk gambar, saya mudah untuk mengingatnya				
2	Jika ada buku pelajaran yg ada gambarnya, saya lebih senang memperhatikan gambarnya dibandingkan tulisannya				
3	Saya lebih suka membaca buku teks daripada mendengar penjelasan dari guru atau teman				
4	Saya lebih mudah mengingat materi dengan mencatat apa yg sudah disampaikan guru				

5	Saya merasa frustasi ketika saya tidak dapat mencatat apa yg dijelaskan oleh guru				
6	Saya mudah terganggu oleh keributan ketika saya sedang belajar				
7	Saya dapat memahami pelajaran walaupun tanpa membaca buku asalkan saya mendengarkan penjelasan guru dengan baik				
8	Saya senang memberikan penjelasan kepada orang Iain				
9	Saya selalu berpartisipasi ketika ada diskusi kelompok dalam pembelajaran				
10	Saya lebih senang melaporkan tugas yg diberikan guru secara lisan daripada tulisan				
11	Saya lebih senang mencoba-coba mengerjakan soal yang belum pernah saya kerjakan sebelumnya				
12	Saya lebih senang cara belajar dengan melakukan sesuatu secara langsung atau mempraktekannya sendiri				
13	Saya merasa lebih mudah menghafal materi belajar ketika saya menghafal sambil berjalan				
14	Saya lebih senang ketika guru meminta saya untuk melakukan demonstrasi bersama di depan kelas				
15	Saya suka menggunakan jari saya untuk menunjuk kata atau kalimat ketika membaca buku				

Lampiran

Asesmen diagnostik kognitif

Pilihan ganda

Petunjuk:

Pilihlah **satu jawaban yang paling benar** dari pilihan A, B, C, atau D untuk setiap soal di bawah ini. Bacalah soal dengan teliti sebelum menjawab.

1. Apa perbedaan utama antara routing statis dan routing dinamis?

A. Routing dinamis memerlukan lebih banyak biaya perangkat keras

B. Routing statis dikonfigurasi otomatis, sedangkan routing dinamis manual

C. Routing statis tidak berubah kecuali dikonfigurasi ulang, sedangkan routing dinamis bisa menyesuaikan secara otomatis

D. Routing dinamis hanya bisa digunakan di jaringan lokal

2. Di bawah ini yang merupakan kelebihan dari routing statis adalah...

A. Mudah dikonfigurasi pada jaringan besar

B. Otomatis mengatur ulang jalur saat ada perubahan topologi

C. Tidak memerlukan bandwidth tambahan untuk update

D. Mampu memilih jalur terbaik secara otomatis

3. Routing dinamis memiliki kelebihan berikut ini, kecuali...

A. Dapat menyesuaikan dengan perubahan jaringan

B. Tidak membutuhkan pemeliharaan manual

C. Lebih efisien untuk jaringan besar

D. Tidak membutuhkan protokol routing

4. Protokol di bawah ini yang termasuk routing dinamis adalah...

A. RIP

B. Static Route

C. Default Gateway

D. NAT

5. Jenis protokol routing dinamis yang menggunakan metode *link-state* adalah...

A. RIP

B. EIGRP

C. OSPF

D. BGP

6. Dalam routing statis, jika terjadi gangguan pada satu jalur maka...

A. Jalur otomatis diperbaiki oleh sistem

B. Router akan memblokir semua paket

C. Jalur harus diubah secara manual oleh administrator

D. Router akan memilih jalur dengan bandwidth lebih besar

7. Routing dinamis mengandalkan informasi dari...

A. IP publik

B. Administrator jaringan

C. Protokol routing untuk berbagi informasi antar-router

D. Server DNS

8. Dalam konfigurasi MikroTik, perintah untuk menambahkan routing statis adalah...

A. ip add route

B. /ip route add

C. /routing add static

D. /route static add

9. Berikut ini adalah contoh penggunaan routing statis:

A. Jaringan perusahaan dengan 2 router dan perubahan topologi sering terjadi

B. Jaringan kecil yang tidak sering mengalami perubahan

C. ISP yang menangani banyak rute global

D. Data center dengan ratusan koneksi internet

10. Salah satu kelemahan routing dinamis adalah...

A. Tidak bisa bekerja di jaringan besar

B. Tidak mampu menyesuaikan perubahan topologi

C. Butuh lebih banyak resource dan bandwidth

D. Harus dikonfigurasi ulang tiap minggu

JOB SHEET PRAKTIKUM

Pengenalan Jaringan dan Kebutuhan Routing Menggunakan PNetLab

Identitas Kelompok

- Nama Kelompok: _____
- Anggota Kelompok:
    1. _____ (Absen: _____)
    2. _____ (Absen: _____)
    3. _____ (Absen: _____)
    4. _____ (Absen: _____)
- Kelas: _____
- Tanggal Praktikum: _____

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah mengikuti praktikum ini, peserta didik diharapkan mampu:

1. Menjelaskan cara kerja komunikasi dalam jaringan lokal (LAN)
2. Mengamati batasan komunikasi jika subnet berbeda
3. Mengidentifikasi kebutuhan akan routing dalam komunikasi antar jaringan
4. Membangun pemahaman konseptual tentang peran router
5. Bekerja sama dalam kelompok untuk menyelesaikan tugas konfigurasi dan analisis jaringan

B. Dasar Teori

1. Jaringan Lokal (LAN - Local Area Network)

Jaringan Lokal atau LAN (Local Area Network) adalah jenis jaringan komputer yang menghubungkan beberapa perangkat seperti komputer, printer, server, dan perangkat lainnya dalam satu area terbatas, seperti ruangan kelas, laboratorium, rumah, atau gedung kantor. LAN biasanya menggunakan perangkat seperti switch atau hub untuk menghubungkan semua perangkat ke dalam satu jaringan yang sama. Ciri khas dari LAN adalah penggunaan alamat IP dalam satu subnet, sehingga semua perangkat bisa saling berkomunikasi secara langsung tanpa perlu bantuan router. Kecepatan transmisi data di LAN umumnya tinggi karena hanya melintasi jaringan lokal.

2. IP Address dan Subnet Mask

Agar dua perangkat dapat saling terhubung dan bertukar data, masing-masing perangkat harus memiliki alamat IP yang unik serta berada dalam jaringan (subnet) yang sama.IP Address merupakan identitas unik setiap perangkat dalam jaringan. Subnet mask digunakan untuk menentukan bagian jaringan dan bagian host dari sebuah alamat IP.Misalnya, dua perangkat dengan IP 192.168.10.2/24 dan 192.168.10.3/24 berada dalam subnet yang sama (192.168.10.0/24), sehingga mereka bisa berkomunikasi langsung. Namun, jika satu perangkat memiliki IP 192.168.20.2/24, maka diperlukan router atau proses routing agar komunikasi bisa terjadi, karena mereka berada di jaringan yang berbeda.

3. Perintah Ping

Ping adalah perintah dasar yang digunakan untuk menguji konektivitas jaringan antar perangkat. Ping bekerja dengan cara mengirimkan paket ICMP (Internet Control Message Protocol) ke alamat IP tujuan, lalu menunggu balasan. Jika perangkat tujuan merespon, maka akan muncul balasan berupa "Reply from...", yang menandakan bahwa koneksi antar perangkat aktif dan tidak ada masalah

jaringan di antara keduanya. Sebaliknya, jika tidak ada balasan, akan muncul pesan seperti "Request timed out", yang berarti koneksi gagal. Ping merupakan alat diagnosis jaringan yang sangat berguna untuk memastikan apakah dua perangkat dapat saling terhubung secara langsung atau melalui router.

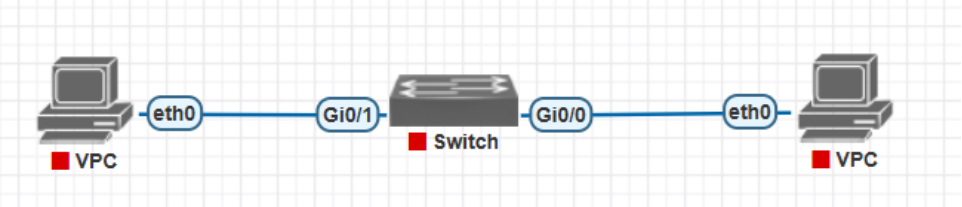
4. Routing

Routing adalah proses pengiriman data antar jaringan yang berbeda. Routing menjadi penting saat dua perangkat berada dalam subnet yang berbeda dan tidak bisa berkomunikasi secara langsung. Dalam kasus seperti ini, data harus melewati router, yaitu perangkat yang berfungsi sebagai penghubung antar jaringan. Router akan memeriksa alamat tujuan dari setiap paket data dan menentukan jalur terbaik untuk mengirimkannya ke jaringan yang dituju. Tanpa konfigurasi routing, perangkat dalam jaringan yang berbeda tidak akan dapat saling terhubung, meskipun secara fisik mereka terhubung ke perangkat jaringan seperti switch atau router. Oleh karena itu, memahami dan mengkonfigurasi routing sangat penting dalam membangun jaringan skala kecil maupun besar.

C. Alat dan Bahan

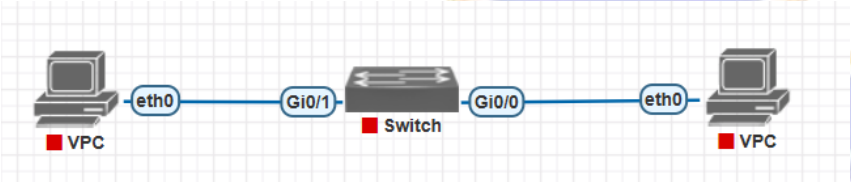
1. Komputer/laptop dengan browser
2. Akses ke server PNetLab
3. 2 PC (VPCS)
4. 1 Switch
5. 1 Router MikroTik (untuk praktik tahap akhir)

D. Topologi Jaringan



1. Praktikum 1 – Komunikasi dalam Satu Subnet

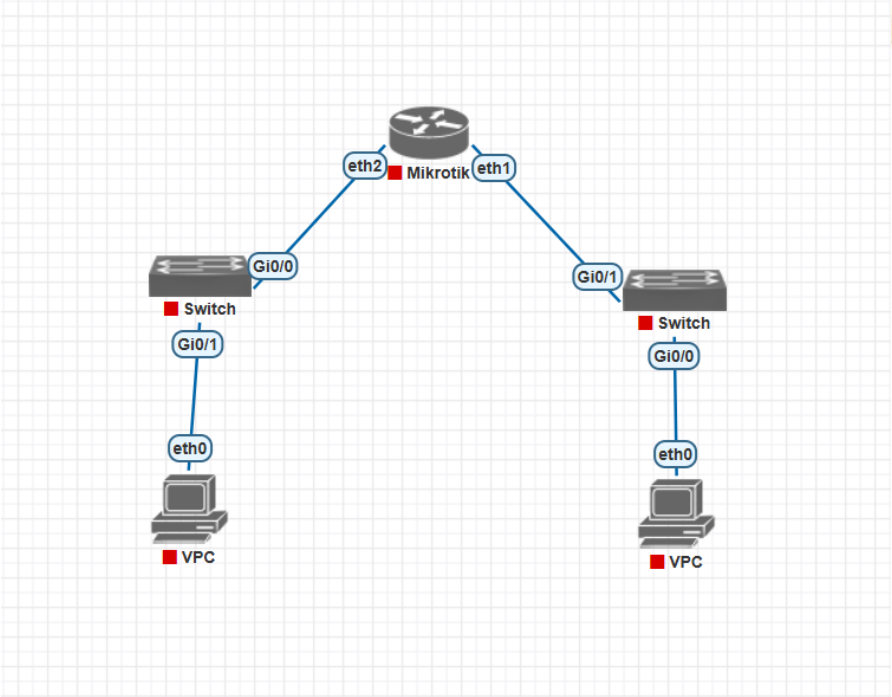
[PC1: 192.168.10.1/24] ---- [Switch] ---- [PC2: 192.168.10.2/24]



2. Praktikum 2 – Subnet Berbeda

[PC1: 192.168.10.1/24] ---- [Switch] ---- [PC2: 192.168.20.2/24]

3. Praktikum 3 – Menghubungkan Jaringan dengan Router



[PC1] ---- ether1[Router MikroTik]ether2 ---- [PC2]

E. Pembagian Tugas Kelompok

1. Anggota 1: Menyusun topologi jaringan di PNetLab
2. Anggota 2: Konfigurasi IP pada PC1 dan dokumentasi
3. Anggota 3: Konfigurasi IP pada PC2 dan dokumentasi
4. Anggota 4: Uji konektivitas, analisis hasil, dan diskusi

F. Langkah Kerja

Praktikum 1 – Komunikasi Berhasil dalam Satu Subnet

1. Tambahkan dua PC dan satu switch di PNetLab
2. Hubungkan PC1 dan PC2 ke switch
3. Konfigurasi IP:
    - PC1: ip 192.168.10.1 255.255.255.0
    - PC2: ip 192.168.10.2 255.255.255.0
4. Uji koneksi:
    - PC1 → PC2: ping 192.168.10.2
    - PC2 → PC1: ping 192.168.10.1
5. Catat hasil dan screenshot

Praktikum 2 – Subnet Berbeda

1. Ubah IP PC2 menjadi: ip 192.168.20.2 255.255.255.0
2. Uji koneksi kembali:

- PC1 → PC2: ping 192.168.20.2
- PC2 → PC1: ping 192.168.10.1

3. Catat hasil (seharusnya gagal)
4. Diskusikan alasan kegagalan (tidak ada routing)

Praktikum 3 – Menambahkan Router

1. Tambahkan 1 MikroTik Router
2. Hubungkan PC1 ke ether1, PC2 ke ether2
3. Konfigurasi IP:
   - PC1: ip 192.168.10.2 255.255.255.0 192.168.10.1
   - PC2: ip 192.168.20.2 255.255.255.0 192.168.20.1
   - Router:
     - *ether1: /ip address add address=192.168.10.1/24 interface=ether1*
     - *ether2: /ip address add address=192.168.20.1/24 interface=ether2*
4. Uji konektivitas:
   - PC1 → PC2: ping 192.168.20.2
   - PC2 → PC1: ping 192.168.10.2
5. Catat hasil dan screenshot

G. Tugas Praktikum

1. Screenshot hasil ping praktikum 1 (berhasil)
2. Screenshot hasil ping praktikum 2 (gagal)
3. Screenshot konfigurasi IP dan hasil ping praktikum 3 (berhasil)

4. Analisis dan diskusi kelompok:
    - Apa yang menyebabkan komunikasi gagal?
    - Apa solusi yang digunakan?
    - Apa fungsi router dalam kasus ini?

H. Laporan Praktikum

1. Cover (Nama Kelompok, Anggota, Kelas)
2. Tujuan Praktikum
3. Dasar Teori (singkat)
4. Alat dan Bahan
5. Langkah Kerja
6. Hasil dan Pembahasan
    - Screenshot dan hasil uji konektivitas
    - Analisis penyebab dan solusi
    - Peran router
7. Kesimpulan
8. Referensi

I. Pertanyaan Diskusi Kelompok

1. Mengapa komunikasi gagal pada praktikum 2?
2. Apa yang dilakukan router pada praktikum 3?
3. Apakah switch bisa menggantikan fungsi router?
4. Apa yang dimaksud dengan routing?

5. Kapan routing diperlukan dalam jaringan?

J. Kriteria Penilaian

No	Aspek Penilaian	Bobot
1	Pembuatan topologi di PNetLab	20%
2	Konfigurasi IP & routing dasar	30%
3	Dokumentasi hasil pengujian	20%
4	Kualitas laporan praktikum	15%
5	Kerja sama & diskusi kelompok	15%

K. Referensi

1. Modul Jaringan Komputer SMK
2. MikroTik Documentation – https://wiki.mikrotik.com/wiki/Manual:IP/Address
3. PNetLab Documentation – https://www.pnetlab.com/pages/documentation

JOB SHEET PRAKTIKUM

Routing Statis di MikroTik Menggunakan PNetLab

Identitas Kelompok

- Nama Kelompok: _____
- Anggota Kelompok:
    1. _____ (Absen: _____)
    2. _____ (Absen: _____)
    3. _____ (Absen: _____)
    4. _____ (Absen: _____)
- Kelas: _____
- Tanggal Praktikum: _____

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah mengikuti praktikum ini, peserta didik diharapkan mampu:

1. Memahami konsep dasar routing statis pada jaringan komputer
2. Mengkonfigurasi routing statis pada perangkat MikroTik di lingkungan PNetLab
3. Memverifikasi konektivitas antar jaringan yang dikonfigurasi dengan routing statis
4. Bekerja sama dalam tim untuk menyelesaikan konfigurasi jaringan

B. Dasar Teori

1. Pengertian Routing Statis

Routing statis adalah metode routing dimana administrator jaringan secara manual mengkonfigurasi informasi routing pada router. Router dengan konfigurasi routing

statis akan meneruskan paket data sesuai dengan konfigurasi yang telah ditentukan secara manual oleh administrator.

2. Komponen Routing Statis

Untuk mengkonfigurasi routing statis, diperlukan informasi:

- **Network Address**: Alamat jaringan tujuan
- **Subnet Mask/Prefix Length**: Penanda cakupan jaringan tujuan
- **Next-hop/Gateway**: Alamat IP router tetangga yang akan meneruskan paket

3. Sintaks Routing Statis pada MikroTik

Pada MikroTik RouterOS, routing statis dapat dikonfigurasi melalui:

Terminal (CLI):

/ip route add dst-address=<network>/<prefix> gateway=<next-hop>

WinBox:
IP → Routes → [+] → isi kolom Dst. Address dan Gateway

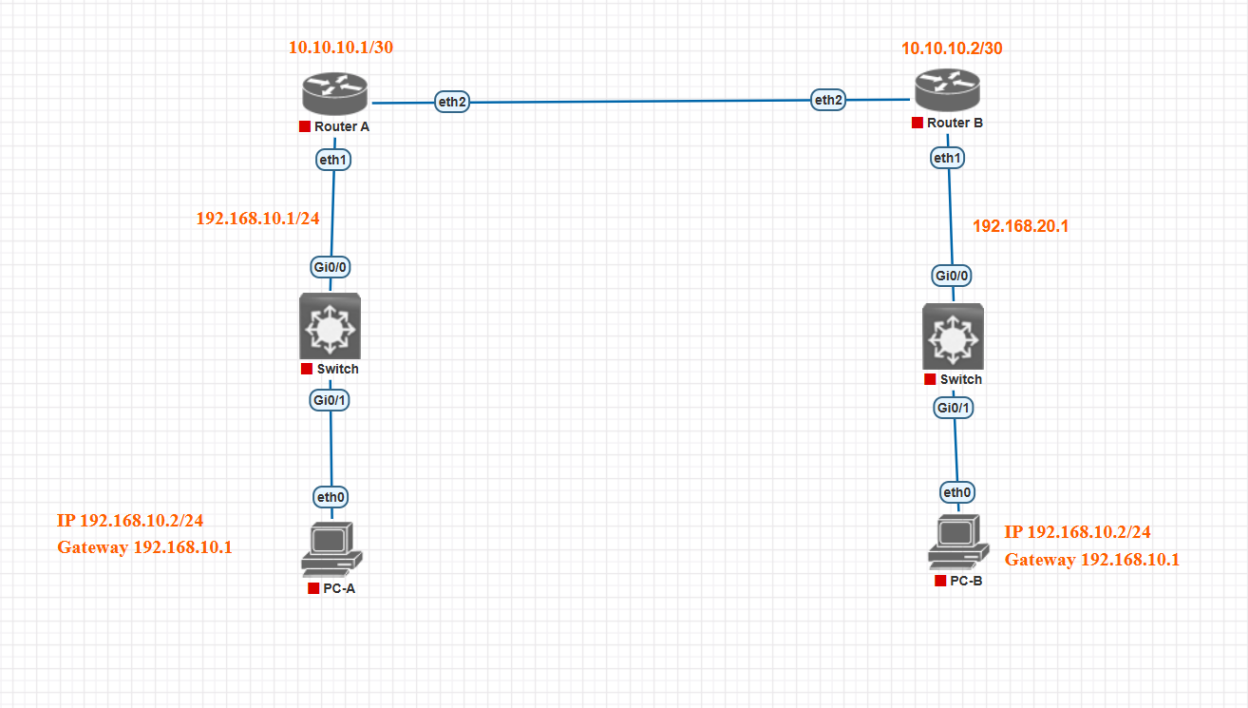
4. PNetLab

PNetLab adalah platform virtualisasi jaringan berbasis web yang memungkinkan pengguna untuk mensimulasikan dan mengkonfigurasi jaringan komputer secara virtual.

C. Alat dan Bahan

1. Komputer/Laptop dengan sistem operasi (Windows/Linux/macOS)
2. Web browser (Chrome/Firefox/Safari)
3. Akses ke server PNetLab
4. Image MikroTik RouterOS untuk PnetLab

D. Topologi Jaringan



Rincian Konfigurasi:

- Router-MikroTik-A:
  - ether1: 192.168.10.1/24 (LAN A)
  - ether2: 10.10.10.1/30 (Link ke Router B)
  - Router ID: 1.1.1.1
- Router-MikroTik-B:
  - ether1: 192.168.20.1/24 (LAN B)
  - ether2: 10.10.10.2/30 (Link ke Router A)
  - Router ID: 2.2.2.2
- PC-A:
  - IP: 192.168.10.2/24
  - Gateway: 192.168.10.1
- PC-B:

- IP: 192.168.20.2/24
- Gateway: 192.168.20.1

E. Pembagian Tugas Kelompok

Untuk efisiensi praktikum, pembagian tugas dalam kelompok dapat dilakukan sebagai berikut:

1. **Anggota 1**: Membuat topologi jaringan di PNetLab
2. **Anggota 2**: Melakukan konfigurasi Router-MikroTik-A dan PC-A
3. **Anggota 3**: Melakukan konfigurasi Router-MikroTik-B dan PC-B
4. **Anggota 4**: Melakukan verifikasi konektivitas dan dokumentasi

Meskipun ada pembagian tugas, seluruh anggota kelompok harus memahami keseluruhan proses konfigurasi.

F. Langkah Kerja

1. Persiapan PNetLab

a) Buka web browser dan akses alamat server PNetLab yang disediakan

b) Login menggunakan akun yang diberikan

c) Akses lab berdasarkan urutan kelompok yang dibagikan oleh guru

2. Membuat Topologi Jaringan

1. Tambahkan dua node MikroTik RouterOS ke dalam workspace
    - Klik "Add Node" atau ikon "+"
    - Pilih "MikroTik" dari daftar perangkat
    - Tambahkan dua instans MikroTik
2. Tambahkan dua node PC (VPCS atau Ubuntu Desktop)
    - Klik "Add Node" lagi

- Pilih "VPCS"
- Tambahkan dua instans PC

3. Tambahkan empat node Switch
   - Klik "Add Node" lagi
   - Pilih "Switch"
   - Tambahkan dua switch

4. Hubungkan perangkat sesuai topologi
   - Hubungkan port ether1 Router-MikroTik-A ke Switch
   - Hubungkan port ether1 Router-MikroTik-B ke Switch
   - Hubungkan port ether2 Router-MikroTik-A ke port ether2 Router-MikroTik-B
   - Hubungkan masing-masing pc ke switch
5. Simpan topologi

3. Konfigurasi Router MikroTik

a. Konfigurasi Router-MikroTik-A

1. Klik pada node Router-MikroTik-A untuk membuka konsol
2. Login dengan username "admin" dan password kosong (default)
3. Set identitas router:

   /system identity set name=Router-A

4. Konfigurasi alamat IP untuk interface ether1:

   /ip address add address=192.168.10.1/24 interface=ether1

5. Konfigurasi alamat IP untuk interface ether2:

   /ip address add address=10.10.10.1/30 interface=ether2

b. Konfigurasi Router-MikroTik-B

1. Klik pada node Router-MikroTik-B untuk membuka konsol
2. Login dengan username "admin" dan password kosong (default)
3. Set identitas router:

   /system identity set name=Router-B

4. Konfigurasi alamat IP untuk interface ether1:

   /ip address add address=192.168.20.1/24 interface=ether1

5. Konfigurasi alamat IP untuk interface ether2:

   /ip address add address=10.10.10.2/30 interface=ether2

4. Konfigurasi PC

a. Konfigurasi PC-A

1. Klik pada node PC-A untuk membuka konsol
2. Jika menggunakan VPCS, konfigurasi alamat IP:
3. ip 192.168.10.2 255.255.255.0 192.168.10.1

b. Konfigurasi PC-B

1. Klik pada node PC-B untuk membuka konsol
2. Jika menggunakan VPCS, konfigurasi alamat IP:
3. ip 192.168.20.2 255.255.255.0 192.168.20.1

5. Konfigurasi Routing Statis

a. Router-MikroTik-A

1. Buka kembali konsol Router-MikroTik-A
2. Tambahkan routing statis ke jaringan 192.168.20.0/24:

   /ip route add dst-address=192.168.20.0/24 gateway=10.10.10.2

b. Router-MikroTik-B

1. Buka kembali konsol Router-MikroTik-B
2. Tambahkan routing statis ke jaringan 192.168.10.0/24:

   /ip route add dst-address=192.168.10.0/24 gateway=10.10.10.1

6. Verifikasi Konfigurasi

1. Periksa tabel routing pada Router-A:

   /ip route print

2. Periksa tabel routing pada Router-B:

   /ip route print

3. Uji konektivitas dari Router-A ke Router-B:

   /ping 10.10.10.2

4. Uji konektivitas dari Router-A ke jaringan 192.168.20.0/24:

   /ping 192.168.20.1

5. Uji konektivitas dari PC-A ke PC-B:
   - Buka konsol PC-A
   - Jalankan perintah:
   - ping 192.168.20.2
6. Gunakan traceroute untuk memverifikasi jalur paket:

   /tool traceroute 192.168.20.2

G. Tugas Praktikum

1. Catat hasil konfigurasi routing statis pada kedua router (screenshot hasil perintah /ip route print)
2. Catat hasil ping dari PC-A ke PC-B (screenshot)
3. Catat hasil traceroute dari PC-A ke PC-B (screenshot)

4. Diskusikan dalam kelompok tentang proses dan hasil konfigurasi routing statis
5. Diskusikan apa yang akan terjadi jika konfigurasi routing statis pada salah satu router dihapus

H. Laporan Praktikum

Susun laporan praktikum kelompok dengan format:

1. Cover (Nama Kelompok, Anggota, Kelas)
2. Tujuan Praktikum
3. Dasar Teori (singkat)
4. Alat dan Bahan
5. Langkah Kerja
6. Hasil dan Pembahasan
    - Screenshot konfigurasi IP address pada router
    - Screenshot tabel routing pada kedua router
    - Screenshot hasil pengujian konektivitas
    - Analisis hasil pengujian
    - Kontribusi setiap anggota kelompok
7. Kesimpulan
8. Referensi

I. Pertanyaan Diskusi Kelompok

1. Bagaimana mekanisme pengiriman paket dari PC-A ke PC-B melalui routing statis yang telah dikonfigurasi?
2. Apa yang terjadi jika konfigurasi routing statis pada salah satu router dihapus? Buktikan dengan melakukan uji coba!
3. Mengapa kita perlu mengkonfigurasi routing statis pada kedua router?

4. Bagaimana pendapat kelompok tentang efektivitas routing statis dibandingkan dengan routing dinamis?
5. Diskusikan tantangan yang dihadapi kelompok selama melakukan konfigurasi routing statis dan bagaimana cara mengatasinya.

J. Kriteria Penilaian

No	Aspek Penilaian	Bobot
1	Pembuatan topologi di PNetLab	20%
2	Konfigurasi routing statis	30%
3	Hasil pengujian konektivitas	20%
4	Kualitas laporan praktikum	15%
5	Kerjasama kelompok	15%

K. Referensi

1. MikroTik Wiki - Manual:IP/Route. https://wiki.mikrotik.com/wiki/Manual:IP/Route
2. PNetLab Documentation. https://www.pnetlab.com/pages/documentation

JOB SHEET PRAKTIKUM

Routing Statis di MikroTik Menggunakan PNetLab

Identitas Kelompok

- Nama Kelompok: _____
- Anggota Kelompok:
    1. _____ (Absen: _____)
    2. _____ (Absen: _____)
    3. _____ (Absen: _____)
    4. _____ (Absen: _____)
- Kelas: _____
- Tanggal Praktikum: _____

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah mengikuti praktikum ini, peserta didik diharapkan mampu:

5. Memahami konsep dasar routing statis pada jaringan komputer
6. Mengkonfigurasi routing statis pada perangkat MikroTik di lingkungan PNetLab
7. Memverifikasi konektivitas antar jaringan yang dikonfigurasi dengan routing statis
8. Bekerja sama dalam tim untuk menyelesaikan konfigurasi jaringan

B. Dasar Teori

1. Pengertian Routing Statis

Routing statis adalah metode routing dimana administrator jaringan secara manual mengkonfigurasi informasi routing pada router. Router dengan konfigurasi

routing statis akan meneruskan paket data sesuai dengan konfigurasi yang telah ditentukan secara manual oleh administrator.

2. Komponen Routing Statis

Untuk mengkonfigurasi routing statis, diperlukan informasi:

- **Network Address**: Alamat jaringan tujuan
- **Subnet Mask/Prefix Length**: Penanda cakupan jaringan tujuan
- **Next-hop/Gateway**: Alamat IP router tetangga yang akan meneruskan paket

3. Sintaks Routing Statis pada MikroTik

Pada MikroTik RouterOS, routing statis dapat dikonfigurasi melalui:

Terminal (CLI):

/ip route add dst-address=<network>/<prefix> gateway=<next-hop>

WinBox:
IP → Routes → [+] → isi kolom Dst. Address dan Gateway

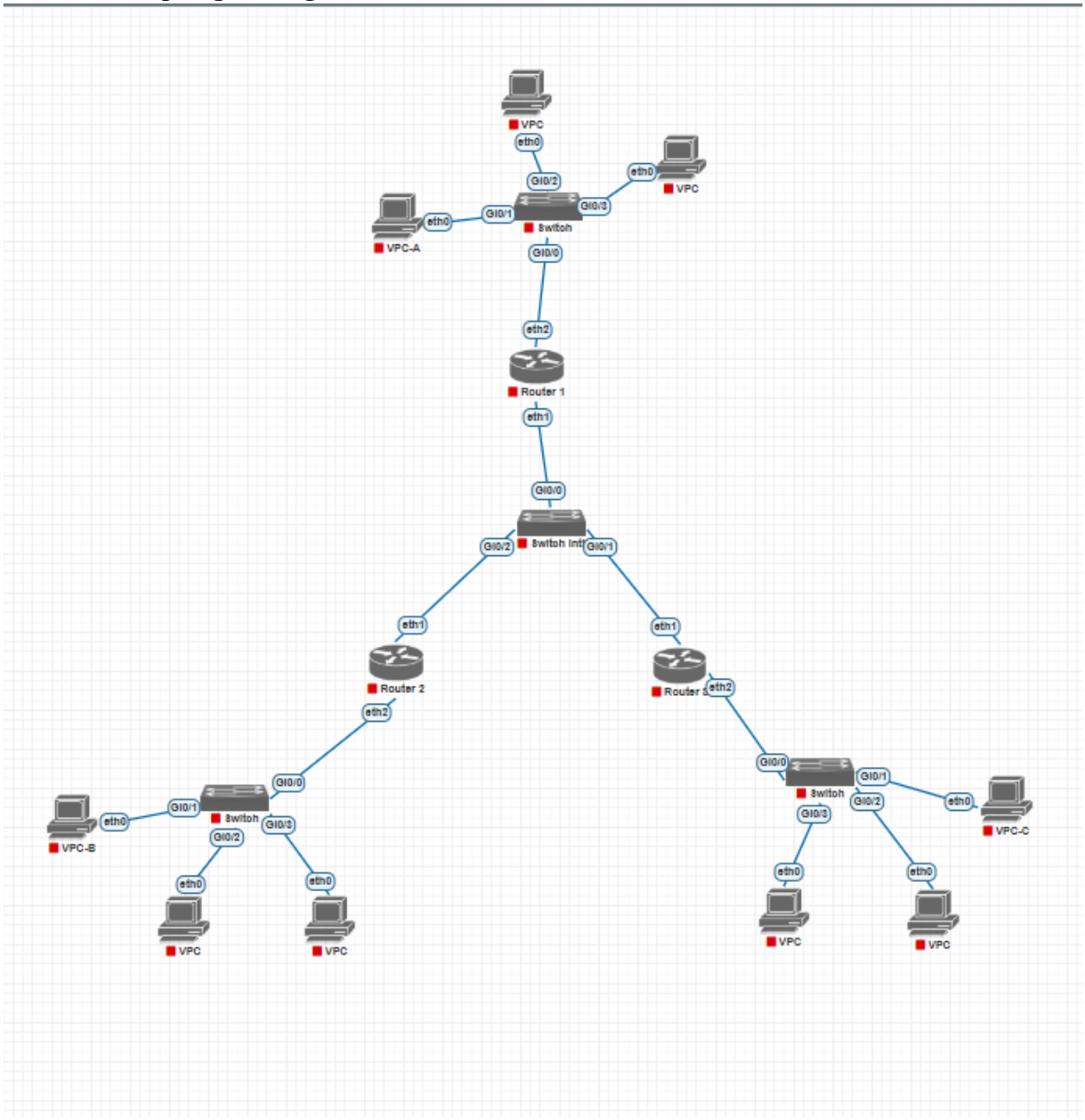
4. PNetLab

PNetLab adalah platform virtualisasi jaringan berbasis web yang memungkinkan pengguna untuk mensimulasikan dan mengkonfigurasi jaringan komputer secara virtual.

C. Alat dan Bahan

5. Komputer/Laptop dengan sistem operasi (Windows/Linux/macOS)
6. Web browser (Chrome/Firefox/Safari)
7. Akses ke server PNetLab
8. Image MikroTik RouterOS untuk PnetLab
9. Image switch

D. Topologi Jaringan



Rincian Konfigurasi:

Perangkat	Interface	IP Address	Subnet	Keterangan
Router 1	ether1	10.10.10.1/24	10.10.10.0/24	Ke switch pusat
	ether2	192.168.10.1/24	192.168.10.0/24	Ke VPC-A
Router 2	ether1	10.10.10.2/24	10.10.10.0/24	Ke switch pusat
	ether2	192.168.20.1/24	192.168.20.0/24	Ke VPC-B
Router 3	ether1	10.10.10.3/24	10.10.10.0/24	Ke switch pusat
	ether2	192.168.30.1/24	192.168.30.0/24	Ke VPC-C
VPC-A	eth0	192.168.10.10/24		Gateway: 192.168.10.1
VPC-B	eth0	192.168.20.10/24		Gateway: 192.168.20.1
VPC-C	eth0	192.168.30.10/24		Gateway: 192.168.30.1

E. Pembagian Tugas Kelompok

Untuk efisiensi praktikum, pembagian tugas dalam kelompok dapat dilakukan sebagai berikut:

1. **Anggota 1:** Membuat topologi jaringan di PNetLab sesuai gambar, menghubungkan 3 Router MikroTik, 3 PC, dan switch pusat.
2. **Anggota 2:** Melakukan konfigurasi Router-MikroTik-1 (Router 1) dan PC-A (VPC-A) yang berada di jaringan LAN A (192.168.10.0/24).
3. **Anggota 3:** Melakukan konfigurasi Router-MikroTik-2 (Router 2) dan PC-B (VPC-B) yang berada di jaringan LAN B (192.168.20.0/24).
4. **Anggota 4:** Melakukan konfigurasi Router-MikroTik-3 (Router 3) dan PC-C (VPC-C) di LAN C (192.168.30.0/24), serta melakukan verifikasi konektivitas dan dokumentasi hasil praktikum.

Meskipun ada pembagian tugas, seluruh anggota kelompok harus memahami keseluruhan proses konfigurasi.

F. Langkah Kerja

1. Persiapan PNetLab

d) Buka web browser dan akses alamat server PNetLab yang disediakan

e) Login menggunakan akun yang diberikan

f) Akses lab berdasarkan urutan kelompok yang dibagikan oleh guru

2. Membuat Topologi Jaringan

6. Tambahkan dua node MikroTik RouterOS ke dalam workspace
   - Klik "Add Node" atau ikon "+"
   - Pilih "MikroTik" dari daftar perangkat
   - Tambahkan dua instans MikroTik
7. Tambahkan dua node PC (VPCS atau Ubuntu Desktop)
   - Klik "Add Node" lagi
   - Pilih "VPCS"
   - Tambahkan dua instans PC
8. Tambahkan empat node Switch
   - Klik "Add Node" lagi
   - Pilih "Switch"
   - Tambahkan empat switch
9. Hubungkan perangkat sesuai topologi

   a) Hubungkan ether2 Router 1 ke Switch, lalu dari Switch ke VPC-A
      - Ini menjadi jaringan LAN A (192.168.10.0/24)

   b) Hubungkan ether2 Router 2 ke Switch, lalu ke VPC-B
      - Ini menjadi jaringan LAN B (192.168.20.0/24)

   c) Hubungkan ether2 Router 3 ke Switch, lalu ke VPC-C
      - Ini menjadi jaringan LAN C (192.168.30.0/24)

   d) Hubungkan ether1 dari Router 1, 2, dan 3 ke Switch Pusat (Backbone):
      - Router 1 ether1 → Switch Pusat port Gi0/0
      - Router 2 ether1 → Switch Pusat port Gi0/2

- Router 3 ether1 → Switch Pusat port Gi0/1

10. Simpan topologi

3. Konfigurasi Router MikroTik

a. Konfigurasi Router 1

6. Klik pada node **Router 1** untuk membuka konsol.
7. Login dengan username "admin" dan password kosong (default)
8. Set identitas router:

   /system identity set name=Router-1

9. Konfigurasi alamat IP untuk interface ether2:

   /ip address add address=192.168.10.1/24 interface=ether2

10. Konfigurasi alamat IP untuk interface ether1:

    /ip address add address=10.10.10.1/24 interface=ether1

b. Konfigurasi Router 2

6. Klik pada node **Router 2** untuk membuka konsol.
7. Login dengan username "admin" dan password kosong (default)
8. Set identitas router:

   /system identity set name=Router-2

9. Konfigurasi alamat IP untuk interface ether2:

   /ip address add address=192.168.20.1/24 interface=ether2

10. Konfigurasi alamat IP untuk interface ether1:

    /ip address add address=10.10.10.2/24 interface=ether1

c. Konfigurasi Router 3

1. Klik pada node **Router 3** untuk membuka konsol.
2. Login dengan username "admin" dan password kosong (default)

3. Set identitas router:

   /system identity set name=Router-3

4. Konfigurasi alamat IP untuk interface ether2:

   /ip address add address=192.168.30.1/24 interface=ether2

5. Konfigurasi alamat IP untuk interface ether1:

   /ip address add address=10.10.10.3/24 interface=ether1

4. Konfigurasi VPC

a. Konfigurasi VPC-A

4. Klik pada node VPC-A untuk membuka konsol
5. Jika menggunakan VPCS, konfigurasi alamat IP:

   ip 192.168.10.2 255.255.255.0 192.168.10.1

b. Konfigurasi VPC-B

4. Klik pada node VPC-B untuk membuka konsol
5. Jika menggunakan VPCS, konfigurasi alamat IP:

   ip 192.168.20.2 255.255.255.0 192.168.20.1

c. Konfigurasi VPC-B

1. Klik pada node VPC-B untuk membuka konsol
2. Jika menggunakan VPCS, konfigurasi alamat IP:

   ip 192.168.20.2 255.255.255.0 192.168.20.1

5. Konfigurasi Routing Statis

a. Router-1

3. Buka kembali konsol Router-1
4. Tambahkan routing statis ke jaringan LAN B (192.168.20.0/24) melalui Router 2 (10.10.10.2):

   /ip route add dst-address=192.168.20.0/24 gateway=10.10.10.2
5. Tambahkan routing statis ke jaringan LAN C (192.168.30.0/24) melalui Router 3 (10.10.10.3):

   /ip route add dst-address=192.168.30.0/24 gateway=10.10.10.3

b. Router-2

3. Buka kembali konsol Router-2
4. Tambahkan routing statis ke jaringan LAN A (192.168.10.0/24) melalui Router 1 (10.10.10.1):

   /ip route add dst-address=192.168.10.0/24 gateway=10.10.10.1
5. Tambahkan routing statis ke jaringan LAN C (192.168.30.0/24) melalui Router 3 (10.10.10.3):

   /ip route add dst-address=192.168.30.0/24 gateway=10.10.10.3

b. Router-3

1. Buka kembali konsol Router-3
2. Tambahkan routing statis ke jaringan LAN A (192.168.10.0/24) melalui Router 1 (10.10.10.1):

   /ip route add dst-address=192.168.10.0/24 gateway=10.10.10.1
3. Tambahkan routing statis ke jaringan LAN B (192.168.20.0/24) melalui Router 2 (10.10.10.2):

   /ip route add dst-address=192.168.20.0/24 gateway=10.10.10.2

6. Verifikasi Konfigurasi

1. Periksa tabel routing pada Router 1:
   \/ip route print

   → Untuk memastikan Router 1 memiliki rute ke jaringan 192.168.20.0/24 dan 192.168.30.0/24

2. Periksa tabel routing pada Router 2:
   \/ip route print

   → Untuk memastikan Router 2 memiliki rute ke jaringan 192.168.10.0/24 dan 192.168.30.0/24

3. Periksa tabel routing pada Router 3:
   \/ip route print

   → Untuk memastikan Router 3 memiliki rute ke jaringan 192.168.10.0/24 dan 192.168.20.0/24

4. Uji konektivitas dari Router 1 ke Router 2:
   \/ping 10.10.10.2

   → Menguji apakah Router 1 dapat mencapai Router 2 melalui switch pusat.

5. Uji konektivitas dari Router 1 ke Router 3:
   \/ping 10.10.10.3

   → Menguji konektivitas Router 1 ke Router 3 via jaringan backbone.

6. Uji konektivitas dari Router 1 ke jaringan LAN B (192.168.20.0/24):
   \/ping 192.168.20.1

   → Menguji apakah Router 1 dapat menjangkau gateway LAN B (Router 2).

7. Uji konektivitas dari Router 1 ke jaringan LAN C (192.168.30.0/24):
   \/ping 192.168.30.1

→ Menguji apakah Router 1 dapat menjangkau gateway LAN C (Router 3).

8. Uji konektivitas dari PC-A ke PC-B:
   Buka konsol VPC-A

   ping 192.168.20.2

   → Untuk menguji komunikasi lintas jaringan dari client LAN A ke client LAN B.

9. Uji konektivitas dari PC-A ke PC-C:
   Buka konsol VPC-A

   ping 192.168.30.2

   → Menguji koneksi dari PC-A ke PC-C melalui dua router.

10. Gunakan traceroute dari Router 1 ke PC-B:
    /tool traceroute 192.168.20.2

    → Untuk melihat jalur paket dari Router 1 ke PC-B.

11. Gunakan traceroute dari PC-A ke PC-C (jika tersedia di VPCS):
    /tool traceroute 192.168.30.2

    → Untuk melihat jalur lengkap paket melewati router mana saja.

G. Tugas Praktikum

1. Catat hasil konfigurasi routing statis pada setiap router
   - Periksa tabel routing pada Router 1, Router 2, dan Router 3.
   - Ambil screenshot tabel routing masing-masing router.
2. Catat hasil pengujian koneksi dari PC-A ke PC-B
   - Lakukan pengujian koneksi dari PC-A ke PC-B.
   - Ambil screenshot hasil pengujian.
3. Catat hasil traceroute dari PC-A ke PC-B
   - Lakukan traceroute dari PC-A menuju PC-B.

- Ambil screenshot hasil jalur paket.

4. Diskusikan dalam kelompok mengenai proses dan hasil konfigurasi routing statis
    - Apa saja langkah yang dilakukan?
    - Apakah komunikasi antar jaringan berhasil?
    - Masalah apa yang ditemukan dan bagaimana solusinya?
5. Diskusikan kemungkinan yang terjadi jika konfigurasi routing statis pada salah satu router dihapus
    - Apa dampaknya terhadap konektivitas jaringan?
    - Apa solusi jika hal tersebut terjadi?

H. Laporan Praktikum

Susun laporan praktikum kelompok dengan format:

9. Cover (Nama Kelompok, Anggota, Kelas)
10. Tujuan Praktikum
11. Dasar Teori (singkat)
12. Alat dan Bahan
13. Langkah Kerja
14. Hasil dan Pembahasan
    - Screenshot konfigurasi IP address pada router
    - Screenshot tabel routing pada kedua router
    - Screenshot hasil pengujian konektivitas
    - Analisis hasil pengujian
    - Kontribusi setiap anggota kelompok
15. Kesimpulan
16. Referensi

I. Pertanyaan Diskusi Kelompok

6. Bagaimana mekanisme pengiriman paket dari PC-A ke PC-B melalui routing statis yang telah dikonfigurasi?
7. Apa yang terjadi jika konfigurasi routing statis pada salah satu router dihapus? Buktikan dengan melakukan uji coba!
8. Mengapa kita perlu mengkonfigurasi routing statis pada kedua router?
9. Bagaimana pendapat kelompok tentang efektivitas routing statis dibandingkan dengan routing dinamis?
10. Diskusikan tantangan yang dihadapi kelompok selama melakukan konfigurasi routing statis dan bagaimana cara mengatasinya.

J. Kriteria Penilaian

No	Aspek Penilaian	Bobot
1	Pembuatan topologi di PNetLab	20%
2	Konfigurasi routing statis	30%
3	Hasil pengujian konektivitas	20%
4	Kualitas laporan praktikum	15%
5	Kerjasama kelompok	15%

K. Referensi

3. MikroTik Wiki - Manual:IP/Route. https://wiki.mikrotik.com/wiki/Manual:IP/Route
4. PNetLab Documentation. https://www.pnetlab.com/pages/documentation

JOB SHEET PRAKTIKUM

Routing Dinamis dengan OSPF di MikroTik Menggunakan PnetLab

Identitas Kelompok

- Nama Kelompok: _____
- Anggota Kelompok:
    1. _____ (Absen: _____)
    2. _____ (Absen: _____)
    3. _____ (Absen: _____)
    4. _____ (Absen: _____)
- Kelas: _____
- Tanggal Praktikum: _____

A. Tujuan Pembelajaran

1. Memahami konsep dasar Multi-Area OSPF dan ABR (Area Border Router)
2. Mengkonfigurasi OSPF dengan multiple area pada perangkat MikroTik di lingkungan PNetLab
3. Menganalisis cara kerja routing inter-area dalam OSPF
4. Memverifikasi konektivitas antar area yang berbeda
5. Memahami konsep LSA (Link State Advertisement) Type 3 untuk inter-area routing
6. Bekerja sama dalam tim untuk menyelesaikan konfigurasi jaringan multi-aremengikuti praktikum ini, peserta didik diharapkan mampu:

B. Dasar Teori

1. Pengertian Routing Dinamis Multi-Area OSPF

Multi-Area OSPF adalah implementasi OSPF yang membagi jaringan menjadi beberapa area untuk meningkatkan skalabilitas dan efisiensi. Setiap area memiliki

LSDB (Link State Database) terpisah yang mengurangi overhead dan mempercepat konvergensi.

2. Open Shortest Path First (OSPF)

OSPF adalah protokol routing dinamis yang menggunakan algoritma Link-State untuk menemukan jalur terbaik dalam jaringan. Karakteristik OSPF:

- **Link-State Protocol**: Router mengirimkan informasi tentang status koneksinya ke semua router dalam jaringan
- **Administrative Distance (AD)**: 110
- **Metric**: Cost (berdasarkan bandwidth)
- **Classless**: Mendukung subnet mask dengan panjang variabel (VLSM)
- **Area-based**: Mendukung pembagian jaringan ke dalam beberapa area untuk meningkatkan skalabilitas

3. Komponen OSPF

- **Router ID**: Pengidentifikasi unik untuk setiap router dalam jaringan OSPF
- **Area**: Pengelompokan logis router untuk menyederhanakan administrasi
- **Hello Packets**: Paket yang dikirim untuk menemukan tetangga dan mempertahankan konektivitas
- **LSDB (Link State Database)**: Database yang menyimpan informasi topologi jaringan
- **SPF (Shortest Path First) Algorithm**: Algoritma Dijkstra untuk menghitung jalur terbaik

4. Area Border Router (ABR)

ABR adalah router yang memiliki interface di multiple area dan berfungsi sebagai penghubung antar area. ABR menggenerate LSA Type 3 (Summary LSA) untuk mengiklankan network dari satu area ke area lain.

5. Jenis-jenis Area OSPF

- **Regular Area**: Area normal yang dapat menerima semua jenis LSA
- **Stub Area**: Area yang tidak menerima LSA Type 5 (External LSA)
- **Totally Stub Area**: Area yang hanya menerima LSA Type 1 dan 2
- **NSSA (Not-So-Stubby Area)**: Area yang dapat memiliki ASBR tetapi tidak menerima LSA Type 5 dari area lain

6. Link State Advertisement (LSA) Types

- **Type 1 (Router LSA)**: Informasi tentang router dan link dalam area
- **Type 2 (Network LSA)**: Informasi tentang network yang terhubung ke DR
- **Type 3 (Summary LSA)**: Informasi network dari area lain (digenerate oleh ABR)
- **Type 4 (ASBR Summary LSA)**: Informasi tentang ASBR di area lain
- **Type 5 (External LSA)**: Informasi tentang external route

7. Sintaks Konfigurasi Multi-Area OSPF pada MikroTik

- Konfigurasi instance OSPF
  /routing ospf instance add name=default router-id=x.x.x.x
- Konfigurasi multiple area
  /routing ospf area add name=area4 area-id=0.0.0.4 instance=default

  /routing ospf area add name=area5 area-id=0.0.0.5 instance=default
- Advertise network ke area tertentu
  /routing ospf network add network=x.x.x.x/x area=area4

WinBox: Routing → OSPF → Instances/Networks/Areas

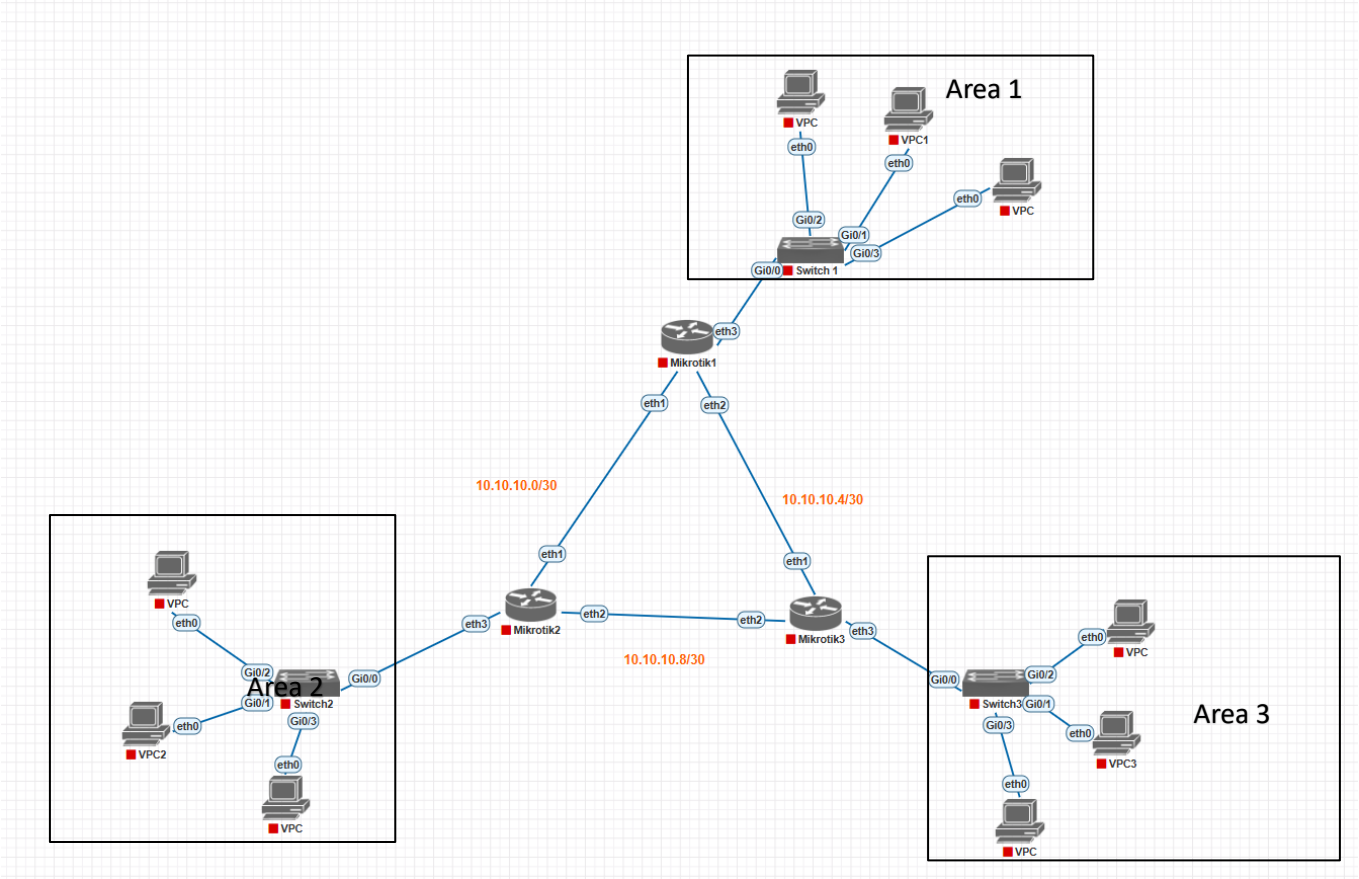
C. Alat dan Bahan

1. Komputer/Laptop dengan sistem operasi (Windows/Linux/macOS)

2. Web browser (Chrome/Firefox/Safari)
3. Akses ke server PNetLab
4. Image MikroTik RouterOS untuk PNetLab

D. Topologi Jaringan

Rincian Konfigurasi:



Mikrotik1

- ether1: 10.10.10.1/30 → Link ke Mikrotik2 (Area 0)
- ether2: 10.10.10.5/30 → Link ke Mikrotik3 (Area 0)
- ether3: 192.168.10.1/24 → LAN VPC1 (Area 1)
- Router ID: 1.1.1.1

Mikrotik2

- ether1: 10.10.10.2/30 → Link ke Mikrotik1 (Area 0)

- ether2: 10.10.10.9/30 → Link ke Mikrotik3 (Area 0)
- ether3: 192.168.20.1/24 → LAN VPC2 (Area 2)
- Router ID: 2.2.2.2

Mikrotik3

- ether1: 10.10.10.6/30 → Link ke Mikrotik1 (Area 0)
- ether2: 10.10.10.10/30 → Link ke Mikrotik2 (Area 0)
- ether3: 192.168.30.1/24 → LAN VPC3 (Area 3)
- Router ID: 3.3.3.3

VPC :

- VPC1: IP 192.168.10.10/24, Gateway 192.168.10.1
- VPC2: IP 192.168.20.10/24, Gateway 192.168.20.1
- VPC3: IP 192.168.30.10/24, Gateway 192.168.30.1

E. Pembagian Tugas Kelompok

Untuk efisiensi praktikum, pembagian tugas dalam kelompok dapat dilakukan sebagai berikut:

1. **Anggota 1**: Membuat topologi jaringan di PNetLab dan dokumentasi
2. **Anggota 2**: Konfigurasi Mikrotik1 (ABR) dan VPC7
3. **Anggota 3**: Konfigurasi Mikrotik2, Mikrotik3, dan VPC8, VPC6
4. **Anggota 4**: Verifikasi konektivitas dan testing inter-area routing

Meskipun ada pembagian tugas, seluruh anggota kelompok harus memahami keseluruhan proses konfigurasi.

F. Langkah Kerja

1. Persiapan PNetLab

1. Buka web browser dan akses alamat server PNetLab yang disediakan
2. Login menggunakan akun yang diberikan
3. Akses lab berdasarkan urutan kelompok yang dibagikan oleh instruktur

2. Membuat Topologi Jaringan

1. **Tambahkan 3 MikroTik RouterOS**:
   - Klik "Add Node" → pilih “MikroTik”
   - Tambahkan: `Mikrotik1`, `Mikrotik2`, dan `Mikrotik3`
2. **Tambahkan 3 VPC (client)**:
   - Klik "Add Node" → pilih “VPCS”
   - Tambahkan: `VPC1`, `VPC2`, dan `VPC3`
3. **Tambahkan 3 Switch**:
   - Klik "Add Node" → pilih “Ethernet Switch”
   - Tambahkan: `Switch1`, `Switch2`, dan `Switch3`
4. Hubungkan perangkat sesuai topologi
   - Mikrotik1 ether3 → Switch1 → VPC1 (LAN Area 1)
   - Mikrotik2 ether3 → Switch2 → VPC2 (LAN Area 2)
   - Mikrotik3 ether3 → Switch3 → VPC3 (LAN Area 3)
   - Antar-router (Area 0):
     - Mikrotik1 ether1 ↔ Mikrotik2 ether1
     - Mikrotik1 ether2 ↔ Mikrotik3 ether1
     - Mikrotik2 ether2 ↔ Mikrotik3 ether2
5. Simpan topologi

3. Konfigurasi Router MikroTik

a. Konfigurasi Mikrotik1

1. Klik pada node Mikrotik1 untuk membuka konsol

2. Login dengan username "admin" dan password kosong (default)
3. Set identitas router:

   /system identity set name=Mikrotik1

4. Konfigurasi alamat IP :

   /ip address add address=192.168.10.1/24 interface=ether3

   /ip address add address=10.10.10.1/30 interface=ether1

   /ip address add address=10.10.10.5/30 interface=ether2

b. Konfigurasi Mikrotik2

1. Klik pada node Mikrotik2 untuk membuka konsol
2. Login dengan username "admin" dan password kosong (default)
3. Set identitas router:

   /system identity set name=Mikrotik2

4. Konfigurasi alamat IP :

   /ip address add address=192.168.20.1/24 interface=ether3

   /ip address add address=10.10.10.2/30 interface=ether1

   /ip address add address=10.10.10.9/30 interface=ether2

c. Konfigurasi Mikrotik3

1. Klik pada node Mikrotik3 untuk membuka konsol
2. Login dengan username "admin" dan password kosong (default)
3. Set identitas router:

   /system identity set name=Mikrotik3

4. Konfigurasi alamat IP :

   /ip address add address=192.168.30.1/24 interface=ether3

/ip address add address=10.10.10.6/30 interface=ether1

/ip address add address=10.10.10.10/30 interface=ether2

4. Konfigurasi PC

a. Konfigurasi VPC1 (Client Mikrotik1 – Area 1)

1. Klik pada node VPC1 untuk membuka konsol
2. Jika menggunakan VPCS, ketik perintah:

   ip 192.168.10.2 255.255.255.0 192.168.10.1
3. Save

b. Konfigurasi VPC2 (Client Mikrotik2 – Area 2)

1. Klik pada node VPC2 untuk membuka konsol
2. Jika menggunakan VPCS, ketik perintah:

   ip 192.168.20.2 255.255.255.0 192.168.20.1
3. Save

c. Konfigurasi VPC3 (Client Mikrotik3– Area 3)

1. Klik pada node VPC3 untuk membuka konsol
2. Jika menggunakan VPCS, ketik perintah:

   ip 192.168.30.2 255.255.255.0 192.168.30.1
3. Save

5. Konfigurasi OSPF

a. Mikrotik 1

1. Konfigurasikan instance OSPF dengan Router ID:

   /routing ospf instance add name=default router-id=1.1.1.1
2. Konfigurasikan Area-Area OSPF :

/routing ospf area add name=area-backbone area-id=0.0.0.0 instance=default

/routing ospf area add name=area1 area-id=0.0.0.1 instance=default

3. Konfigurasikan Advertise Network ke OSPF:

/routing ospf network add network=10.10.10.0/30 area=area-backbone

/routing ospf network add network=10.10.10.4/30 area=area-backbone

/routing ospf network add network=192.168.10.0/24 area=area1

b. Mikrotik 2

1. Konfigurasikan instance OSPF dengan Router ID:

/routing ospf instance add name=default router-id=2.2.2.2

2. Konfigurasikan Area-Area OSPF :

/routing ospf area add name=area-backbone area-id=0.0.0.0 instance=default

/routing ospf area add name=area2 area-id=0.0.0.2 instance=default

3. Konfigurasikan Advertise Network ke OSPF:

/routing ospf network add network=10.10.10.0/30 area=area-backbone

/routing ospf network add network=10.10.10.8/30 area=area-backbone

/routing ospf network add network=192.168.20.0/24 area=area2

c. Mikrotik 3

1. Konfigurasikan instance OSPF dengan Router ID:

/routing ospf instance add name=default router-id=3.3.3.3

2. Konfigurasikan Area-Area OSPF :

/routing ospf area add name=area-backbone area-id=0.0.0.0 instance=default

/routing ospf area add name=area3 area-id=0.0.0.3 instance=default

3. Konfigurasikan Advertise Network ke OSPF:

   /routing ospf network add network=10.10.10.4/30 area=area-backbone

   /routing ospf network add network=10.10.10.8/30 area=area-backbone

   /routing ospf network add network=192.168.30.0/24 area=area3

6. Verifikasi Konfigurasi

1. Periksa status OSPF neighbor pada masing masing router :

   /routing ospf neighbor print

2. Periksa tabel routing pada masing masing router :

   /ip route print

3. Uji Konektivitas Antar-Router (loop pengujian backbone) :

   Dari Mikrotik1:

   /ping 10.10.10.2

   /ping 10.10.10.6

   /ping 10.10.10.9

   Dari Mikrotik2

   /ping 10.10.10.1

   /ping 10.10.10.10

   /ping 10.10.10.5

   Dari Mikrotik3

   /ping 10.10.10.5

   /ping 10.10.10.10

   /ping 10.10.10.2

4. Uji Konektivitas Antar LAN (dari router ke LAN lain)

   Dari Mikrotik1:

   /ping 192.168.20.1

   /ping 192.168.30.1

Dari Mikrotik2

/ping 192.168.10.1

/ping 192.168.30.1

Dari Mikrotik3

/ping 192.168.10.1

/ping 192.168.20.1

5. Uji konektivitas Antar PC
   - Buka konsol PC-A
   - Jalankan perintah:

Dari VPC1 (192.168.10.2):

ping 192.168.20.2

ping 192.168.30.2

Dari VPC2 (192.168.20.2):

ping 192.168.10.2

ping 192.168.30.2

Dari VPC3 (192.168.30.2):

ping 192.168.10.2

ping 192.168.20.2

6. Gunakan traceroute untuk memverifikasi jalur paket:

Dari Mikrotik1 ke PC di Mikrotik3:

/tool traceroute 192.168.30.2

Dari Mikrotik2 ke PC di Mikrotik1:

/tool traceroute 192.168.10.2

G. Skenario Pengujian Konvergensi OSPF

1. Verifikasi konektivitas awal:
    - Ping dari VPC1 (192.168.10.2) ke VPC2 (192.168.20.2)
    - Catat hasil (harus berhasil)
2. Simulasikan kegagalan link:
    - Nonaktifkan interface ether1 pada Mikrotik1 (terhubung ke Mikrotik2):

      /interface disable ether1
3. Periksa status OSPF dan tabel routing setelah link down:
    - Periksa tabel routing:

      /ip route print
    - Periksa status OSPF:

      /routing ospf neighbor print
4. Uji konektivitas setelah link down:
    - Ping dari VPC1 ke VPC2
    - Catat hasil (jika topologi circle aktif, harus tetap berhasil via Mikrotik3)
5. Aktifkan kembali link:
    - Aktifkan interface ether1 pada Mikrotik1:

      /interface enable ether1
6. Periksa waktu konvergensi:

- Catat waktu ketika link diaktifkan
- Periksa tabel routing secara berkala:

  /ip route print
- Catat waktu ketika rute kembali muncul di tabel routing
- Hitung selisih waktu untuk mengetahui waktu konvergensi

7. Uji konektivitas setelah konvergensi:
   - Ping dari VPC1 ke VPC2
   - Catat hasil (harus berhasil kembali)

H. Tugas Praktikum

1. Catat hasil konfigurasi OSPF pada kedua router (screenshot hasil perintah /routing ospf network print dan /routing ospf neighbor print)
2. Catat hasil dari tabel routing pada kedua router (screenshot hasil perintah /ip route print)
3. Catat hasil ping dari PC-A ke PC-B (screenshot)
4. Catat hasil traceroute dari PC-A ke PC-B (screenshot)
5. Dokumentasikan hasil dari skenario pengujian konvergensi OSPF
6. Bandingkan waktu konvergensi OSPF dengan waktu yang dibutuhkan routing statis (jika sebelumnya sudah melakukan praktikum routing statis)

I. Laporan Praktikum

Susun laporan praktikum kelompok dengan format:

1. Cover (Nama Kelompok, Anggota, Kelas)
2. Tujuan Praktikum
3. Dasar Teori (singkat)

4. Alat dan Bahan
5. Langkah Kerja
6. Hasil dan Pembahasan
    - Screenshot konfigurasi IP address pada router
    - Screenshot konfigurasi OSPF pada kedua router
    - Screenshot status OSPF neighbor
    - Screenshot tabel routing pada kedua router
    - Screenshot hasil pengujian konektivitas
    - Analisis hasil pengujian konvergensi OSPF
    - Kontribusi setiap anggota kelompok
7. Kesimpulan
8. Referensi

J. Pertanyaan Diskusi Kelompok

1. Bagaimana mekanisme pertukaran informasi routing pada OSPF? Jelaskan proses pembentukan adjacency hingga konvergensi jaringan.
2. Apa perbedaan utama antara routing statis dan routing dinamis menggunakan OSPF? Berikan minimal 3 perbedaan.
3. Dalam skenario pengujian konvergensi, berapa lama waktu yang dibutuhkan OSPF untuk konvergen kembali setelah link diaktifkan? Faktor apa saja yang mempengaruhi waktu konvergensi?
4. Bagaimana pengaruh penggunaan Router ID dalam konfigurasi OSPF? Apa yang terjadi jika Router ID tidak dikonfigurasi secara manual?
5. Diskusikan kelebihan dan kekurangan OSPF dibandingkan dengan protokol routing dinamis lainnya seperti RIP atau BGP.

K. Kriteria Penilaian

No	Aspek Penilaian	Bobot
1	Pembuatan topologi di PNetLab	15%
2	Konfigurasi OSPF	30%
3	Hasil pengujian konektivitas dan konvergensi	25%
4	Kualitas laporan praktikum	15%
5	Kerjasama kelompok	15%

L. Referensi

1. MikroTik Wiki - Manual:Routing/OSPF. https://wiki.mikrotik.com/wiki/Manual:Routing/OSPF
2. Situs resmi MikroTik - Dokumentasi OSPF. https://help.mikrotik.com/docs/display/ROS/OSPF
3. Dokumentasi PNetLab. https://www.pnetlab.com/pages/documentation
4. RFC 2328 - OSPF Version 2. https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc2328

Lampiran 5. Uji Ahli Isi Pembelajaran

ANGKET TANGGAPAN AHLI ISI PEMBELAJARAN

ELEMEN PEMASANGAN DAN KONFIGURASI

PERANGKAT JARINGAN

Jenis Paket : **Modul Ajar**

Reponden : **Ahli Isi**

Elemen : **Pemasangan dan Konfigurasi Perangkat Jaringan**

No	Aspek Penilaian	Sesuai	Tidak Sesuai
	A. Kelayakan Isi		
1	Kesesuaian uraian materi dalam konten pembelajaran interaktif dengan Kompetensi Dasar	✓	
2	Kesesuaian uraian materi dalam konten pembelajaran interaktif dengan tujuan pembelajaran	✓	
3	Kesesuaian uraian materi routing dalam media pembelajaran PNetLab dengan indikator pembelajaran	✓	
4	Kemudahan dalam memahami instruksi pembelajaran pada media pembelajaran PNetLab	✓	
5	Keefektifan materi pada media pembelajaran PNetLab	✓	
6	Relevansi materi dalam media pembelajaran PNetLab yang digabungkan dengan bidang ilmu yang diajarkan	✓	
7	Keterjangkauan materi yang disajikan dalam media pembelajaran PNetLab dalam proses pembelajaran	✓	
8	Konsep materi routing yang ada pada media pembelajaran PNetLab sesuai dengan sumber belajar	✓	
	B. kebahasaan		

CS Dipindai dengan CamScanner

9	Ketetapan tulisan dalam media pembelajaran PNetLab	✓	
10	Kejelasan informasi dalam media pembelajaran PNetLab	✓	
11	Penggunaan bahasa yang mudah dimengerti peserta didik dalam pembelajaran pada media pembelajaran PNetLab	✓	
12	Penggunaan bahasa Indonesia sesuai kaidah yang benar	✓	
	C. penyajian		
13	Kejelasan urutan materi yang disajikan dalam media pembelajaran PNetLab	✓	
14	Kemampuan penyajian pada media pembelajaran PNetLab dalam menarik perhatian peserta didik, mampu digunakan dalam keadaan ada maupun tidak ada guru	✓	
15	Kejelasan tujuan pembelajaran	✓	
16	Urutan penyajian materi dalam media pembelajaran PNetLab	✓	
17	Interaktivitas (stimulus dan respon)	✓	
18	Kesesuaian alokasi waktu yang diberikan dalam setiap kegiatan pembelajaran dalam media pembelajaran PNetLab	✓	
19	Ketepatan jenis studi kasus dengan urutan penyampaian konten media pembelajaran PNetLab	✓	
20	Kesesuaian jenis perangkat atau simulasi praktikum dengan materi	✓	

Saran/komentas :

CS Dipindai dengan CamScanner

Kesimpulan

Modul Ajar Routing di Mikrotik dengan Media Pnetlab ini dinyatakan :

1. Layak untuk digunakan tanpa revisi
2. Layak digunakan dengan revisi sesuai saran
3. Tidak layak digunakan

(Mohon beri tanda lingkaran pada nomor sesuai dengan kesimpulan)

Singaraja, 28 maret 2025

Responden (Ahli Isi)

Gede Sniptu, S.Pd

Dipindai dengan CamScanner

ANGKET TANGGAPAN AHLI ISI PEMBELAJARAN ELEMEN PEMASANGAN DAN KONFIGURASI PERANGKAT JARINGAN

Jenis Paket : **Modul Ajar**

Reponden : **Ahli Isi**

Elemen : **Pemasangan dan Konfigurasi Perangkat Jaringan**

No	Aspek Penilaian	Sesuai	Tidak Sesuai
	A. Kelayakan Isi		
1	Kesesuaian uraian materi dalam konten pembelajaran interaktif dengan Kompetensi Dasar	✓	
2	Kesesuaian uraian materi dalam konten pembelajaran interaktif dengan tujuan pembelajaran	✓	
3	Kesesuaian uraian materi routing dalam media pembelajaran PNetLab dengan indikator pembelajaran	✓	
4	Kemudahan dalam memahami instruksi pembelajaran pada media pembelajaran PNetLab	✓	
5	Keefektifan materi pada media pembelajaran PNetLab	✓	
6	Relevansi materi dalam media pembelajaran PNetLab yang digabungkan dengan bidang ilmu yang diajarkan	✓	
7	Keterjangkauan materi yang disajikan dalam media pembelajaran PNetLab dalam proses pembelajaran	✓	
8	Konsep materi routing yang ada pada media pembelajaran PNetLab sesuai dengan sumber belajar	✓	
	B. kebahasaan		

CS Dipindai dengan CamScanner

9	Ketetapan tulisan dalam media pembelajaran PNetLab	✓	
10	Kejelasan informasi dalam media pembelajaran PNetLab	✓	
11	Penggunaan bahasa yang mudah dimengerti peserta didik dalam pembelajaran pada media pembelajaran PNetLab	✓	
12	Penggunaan bahasa Indonesia sesuai kaidah yang benar	✓	
	C. penyajian		
13	Kejelasan urutan materi yang disajikan dalam media pembelajaran PNetLab	✓	
14	Kemampuan penyajian pada media pembelajaran PNetLab dalam menarik perhatian peserta didik, mampu digunakan dalam keadaan ada maupun tidak ada guru	✓	
15	Kejelasan tujuan pembelajaran	✓	
16	Urutan penyajian materi dalam media pembelajaran PNetLab	✓	
17	Interaktivitas (stimulus dan respon)	✓	
18	Kesesuaian alokasi waktu yang diberikan dalam setiap kegiatan pembelajaran dalam media pembelajaran PNetLab	✓	
19	Ketepatan jenis studi kasus dengan urutan penyampaian konten media pembelajaran PNetLab	✓	
20	Kesesuaian jenis perangkat atau simulasi praktikum dengan materi	✓	

Saran/komentas :

_____

_____

CS Dipindai dengan CamScanner

Kesimpulan

Modul Ajar Routing di Mikrotik dengan Media Pnetlab ini dinyatakan :

1. Layak untuk digunakan tanpa revisi
2. Layak digunakan dengan revisi sesuai saran
3. Tidak layak digunakan

(Mohon beri tanda lingkaran pada nomor sesuai dengan kesimpulan)

Singaraja, Senin, 28 Maret 2025

Responden (Ahli Isi)

Ryn Aditya Wiradharma, S.Pd

CS Dipindai dengan CamScanner

Lampiran 6. Uji Ahli Media Pembelajaran

ANGKET TANGGAPAN AHLI ISI PEMBELAJARAN ELEMEN PEMASANGAN DAN KONFIGURASI PERANGKAT JARINGAN

Jenis Paket : **Media Pembelajaran Pnetlab**

Reponden : **Ahli media**

Elemen : **Pemasangan dan Konfigurasi Perangkat Jaringan**

No	Aspek Penilaian	Sesuai	Tidak Sesuai
	A. Tahapan Media Pembelajaran PNetLab		
1	Apakah media pembelajaran memberikan panduan yang jelas untuk mengoperasikan PNetLab?	✓	
2	Apakah skenario praktikum mencerminkan situasi jaringan nyata yang relevan?	✓	
3	Apakah langkah-langkah konfigurasi routing di PNetLab mudah diikuti oleh siswa?	✓	
4	Apakah troubleshooting pada PNetLab dilengkapi dengan panduan solusi yang jelas?	✓	
5	Apakah media mendukung siswa untuk melakukan eksplorasi mandiri terkait konfigurasi routing?	✓	
	B. Tampilan Media Pemelajaran PNetLab		

6	Apakah Jenis dan ukuran font pada media sudah tepat dan mudah dibaca	✓	
7	Apakah tampilan UI website pada media sudah sesuai dan user friendly	✓	
8	Apakah PNETLab kompatibel dengan berbagai perangkat dan sistem operasi yang umum digunakan?	✓	
9	Apakah navigasi dalam PNETLab jelas dan konsisten di seluruh platform?	✓	
10	Apakah pengguna dapat dengan mudah mengakses fitur-fitur utama tanpa kebingungan?	✓	

Saran/komentas :

Kelengkapan kembali panduan yg relevan untuk peserta didik.

Kesimpulan

Media pembelajaran menggunakan pnetlab untuk materi routing di mikrotik ini dinyatakan :

1. Layak untuk digunakan tanpa revisi
2. Layak digunakan dengan revisi sesuai saran
3. Tidak layak digunakan

(Mohon beri tanda lingkaran pada nomor sesuai dengan kesimpulan)

Singaraja, 20 Mei 2025

Responden (Ahli Media)

Dr. Gede Saindra Santyadiputra, S.T., M.Cr.

ANGKET TANGGAPAN AHLI ISI PEMBELAJARAN ELEMEN PEMASANGAN DAN KONFIGURASI PERANGKAT JARINGAN

Jenis Paket : **Media Pembelajaran Pnetlab**

Reponden : **Ahli media**

Elemen : **Pemasangan dan Konfigurasi Perangkat Jaringan**

No	Aspek Penilaian	Sesuai	Tidak Sesuai
	A. Tahapan Media Pembelajaran PNetLab		
1	Apakah media pembelajaran memberikan panduan yang jelas untuk mengoperasikan PNetLab?	✓	
2	Apakah skenario praktikum mencerminkan situasi jaringan nyata yang relevan?	✓	
3	Apakah langkah-langkah konfigurasi routing di PNetLab mudah diikuti oleh siswa?	✓	
4	Apakah troubleshooting pada PNetLab dilengkapi dengan panduan solusi yang jelas?	✓	
5	Apakah media mendukung siswa untuk melakukan eksplorasi mandiri terkait konfigurasi routing?	✓	
	B. Tampilan Media Pemelajaran PNetLab		

6	Apakah Jenis dan ukuran font pada media sudah tepat dan mudah dibaca	✓	
7	Apakah tampilan UI website pada media sudah sesuai dan user friendly	✓	
8	Apakah PNETLab kompatibel dengan berbagai perangkat dan sistem operasi yang umum digunakan?	✓	
9	Apakah navigasi dalam PNETLab jelas dan konsisten di seluruh platform?	✓	
10	Apakah pengguna dapat dengan mudah mengakses fitur-fitur utama tanpa kebingungan?	✓	

Saran/komentas :

Kesimpulan

Media pembelajaran menggunakan pnetlab untuk materi routing di mikrotik ini dinyatakan :

1. Layak untuk digunakan tanpa revisi
2. Layak digunakan dengan revisi sesuai saran
3. Tidak layak digunakan

(Mohon beri tanda lingkaran pada nomor sesuai dengan kesimpulan)

Singaraja, 3 Mei 2025

Responden (Ahli Media)

Dr.Ir. I Made G. Sunoyo, S.Kom., M.Si

Lampiran 7. Uji Coba Perorangan

NO	Soal	Komang Budi Harta Darma Yuda	Kadek Dwi antara	Ade Tasya Maulidina
1	Materi routing pada Mikrotik disajikan dengan urutan yang mudah diikuti	5	5	4
2	Bahasa yang digunakan dalam petunjuk dan penjelasan mudah dipahami	4	4	4
3	Contoh-contoh konfigurasi yang diberikan membantu memahami konsep Routing	4	1	5
4	Panduan praktikum dijelaskan secara detail dan terstruktur	5	4	4
5	Materi yang disajikan sesuai dengan kompetensi yang ingin dicapai	5	5	4
6	Media pembelajaran mudah dioperasikan tanpa kesulitan teknis	4	3	3
7	Sistem memberikan respon yang cepat saat digunakan	4	4	5
8	Simulasi routing di PNETLab memberikan pengalaman praktik seperti menggunakan perangkat asli	4	5	5

NO	Soal	Komang Budi Harta Darma Yuda	Kadek Dwi antara	Ade Tasya Maulidina
9	Dapat melakukan latihan dan eksperimen routing secara mandiri berulang kali	4	4	4
10	Navigasi antar menu dan fitur mudah dipahami dan digunakan	4	4	5
11	Tampilan keseluruhan media pembelajaran menarik dan profesional	2	4	5
12	Tata letak menu, tombol, dan area kerja tersusun dengan rapi dan logis	4	4	5
13	Teks dan tulisan menggunakan jenis dan ukuran huruf yang mudah dibaca	4	4	5
14	Kombinasi warna yang digunakan nyaman dilihat dan tidak mengganggu	3	4	5
15	Tampilan simulasi router Mikrotik menyerupai tampilan perangkat aslinya	4	4	5
16	Media pembelajaran membantu memahami konsep dasar dan lanjutan routing Mikrotik	4	4	5

NO	Soal	Komang Budi Harta Darma Yuda	Kadek Dwi antara	Ade Tasya Maulidina
17	Dapat belajar secara mandiri dan mengatur kecepatan belajar sendiri	4	4	5
18	Media pembelajaran membuat proses belajar routing lebih menarik dan tidak membosankan	4	4	4
19	Praktik routing menjadi lebih mudah dengan menggunakan simulasi di PNETLab	4	4	4
20	Media pembelajaran membantu mencapai tujuan pembelajaran yang diharapkan	4	4	5
TOTAL		80	79	91

Lampiran 8. Uji Kelompok Kecil

NO	Soal	Subjek									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Materi routing pada Mikrotik disajikan dengan urutan yang mudah diikuti	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4
2	Bahasa yang digunakan dalam petunjuk dan penjelasan mudah dipahami	5	5	5	4	4	4	5	4	5	5
3	Contoh-contoh konfigurasi yang diberikan membantu memahami konsep Routing	5	5	4	4	4	4	5	4	5	4
4	Panduan praktikum dijelaskan secara detail dan terstruktur	4	3	5	4	4	4	4	4	5	5
5	Materi yang disajikan sesuai dengan kompetensi yang ingin dicapai	5	5	4	4	4	4	5	4	4	5
6	Media pembelajaran mudah dioperasikan tanpa kesulitan teknis	4	4	5	4	5	4	3	4	4	3
7	Sistem memberikan respon yang cepat saat digunakan	4	5	5	4	4	4	4	5	4	5
8	Simulasi routing di PNETLab memberikan pengalaman praktik seperti menggunakan perangkat asli	4	4	4	4	4	4	5	4	4	5
9	Dapat melakukan latihan dan eksperimen routing secara mandiri berulang kali	5	5	5	4	4	4	5	5	5	5

NO	Soal	Subjek									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	Navigasi antar menu dan fitur mudah dipahami dan digunakan	5	3	5	4	4	4	3	4	4	5
11	Tampilan keseluruhan media pembelajaran menarik dan profesional	5	5	4	4	4	4	5	4	4	5
12	Tata letak menu, tombol, dan area kerja tersusun dengan rapi dan logis	4	4	3	4	4	4	3	4	5	5
13	Teks dan tulisan menggunakan jenis dan ukuran huruf yang mudah dibaca	4	5	5	3	4	4	4	5	4	5
14	Kombinasi warna yang digunakan nyaman dilihat dan mengganggu	5	5	5	4	4	4	4	5	5	5
15	Tampilan simulasi router Mikrotik menyerupai tampilan perangkat aslinya	4	3	5	4	4	4	5	4	5	5
16	Media pembelajaran membantu memahami konsep dasar dan lanjutan routing Mikrotik	2	5	4	4	4	4	5	5	4	5
17	Dapat belajar secara mandiri dan mengatur kecepatan belajar sendiri	5	5	4	4	4	4	5	5	4	5
18	Media pembelajaran membuat proses belajar routing lebih menarik dan membosankan	5	5	4	4	4	4	5	5	5	5
19	Praktik routing menjadi lebih mudah dengan menggunakan simulasi di PNETLab	4	5	5	4	4	4	4	4	4	5

NO	Soal	Subjek									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
20	Media pembelajaran membantu mencapai tujuan pembelajaran yang diharapkan	5	5	4	3	4	4	5	4	5	5
Total		88	90	89	78	81	80	88	87	90	96

UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA
UNDIKSHA

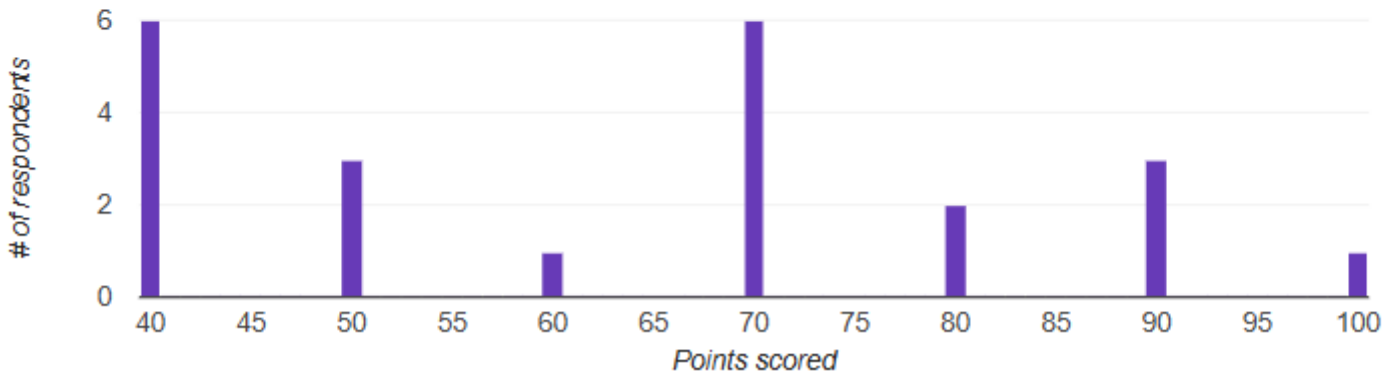
Lampiran 9. Hasil *Pretest*

NO	Score	Nama	Soal 1	Soal 2	Soal 3	Soal 4	Soal 5	Soal 6	Soal 7	Soal 8	Soal 9	Soal 10
1	70 / 100	Komang April Yani	A.	B	A	B	B	A	E	B	A	B
2	70 / 100	Ketut Agni Bunga Harum Dani	A.	B	A	B	B	B	E	B	A	B
3	40 / 100	Komang Budi Harta Darma Yuda	A.	B	B	A	B	B	E	C	A	B
4	100 / 100	Adetasya Maulidina	A.	B	A	B	B	C	A	B	C	B
5	90 / 100	Gek Wrya	A.	B	A	B	B	B	A	B	C	B
6	40 / 100	I Gusti Ayu Dinda Prameswari	A.	B	B	B	A	B	C	B	A	E
7	90 / 100	Kadek Kendi Sugiantari	A.	B	B	B	B	C	A	B	C	B
8	70 / 100	Gusti Ayu Pandan Harum Dani	A.	B	B	B	B	B	A	B	A	B
9	40 / 100	Gede Septia Pratama	A.	B	B	A	B	B	C	C	A	B
10	40 / 100	Ketut Agus Ariadiasa	A.	B	B	A	B	B	C	C	A	B
11	60 / 100	I Gede Nakula Putra Mahayasa	A.	B	B	E	B	C	B	D	C	B
12	50 / 100	Gede Adrian Putra Mastono	B.	B	D	B	B	B	D	B	D	B
13	80 / 100	Kadek Dwi Antara	A.	B	A	B	B	B	A	B	C	E
14	40 / 100	Gede Eka Wibawa Putra	C.	B	B	C	B	B	E	B	A	B
15	90 / 100	Hartik Puji Widayanti	A.	B	A	B	B	B	A	B	C	B
16	70 / 100	Gede Erlan Subakti	A.	B	A	B	C	C	E	B	B	B
17	50 / 100	I Gede Astra Wiguna	A.	B	B	B	B	B	B	C	B	B
18	40 / 100	I Putu Rizky Pramana Putra	B.	B	E	A	B	B	B	B	B	B
19	80 / 100	Iluh Sugiantari	A.	B	B	B	B	C	B	B	C	B
20	70 / 100	I Made Dony Permana Putra	A.	B	A	B	B	B	A	B	A	C
21	70 / 100	I Gede Yoga Pratama Putra	A.	B	C	A	B	C	A	B	B	B
22	50 / 100	Kadek Eidiarta	A.	B	B	B	B	E	E	C	A	B

Insights

Average	Median	Range
63.64 / 100 points	70 / 100 points	40 - 100 points

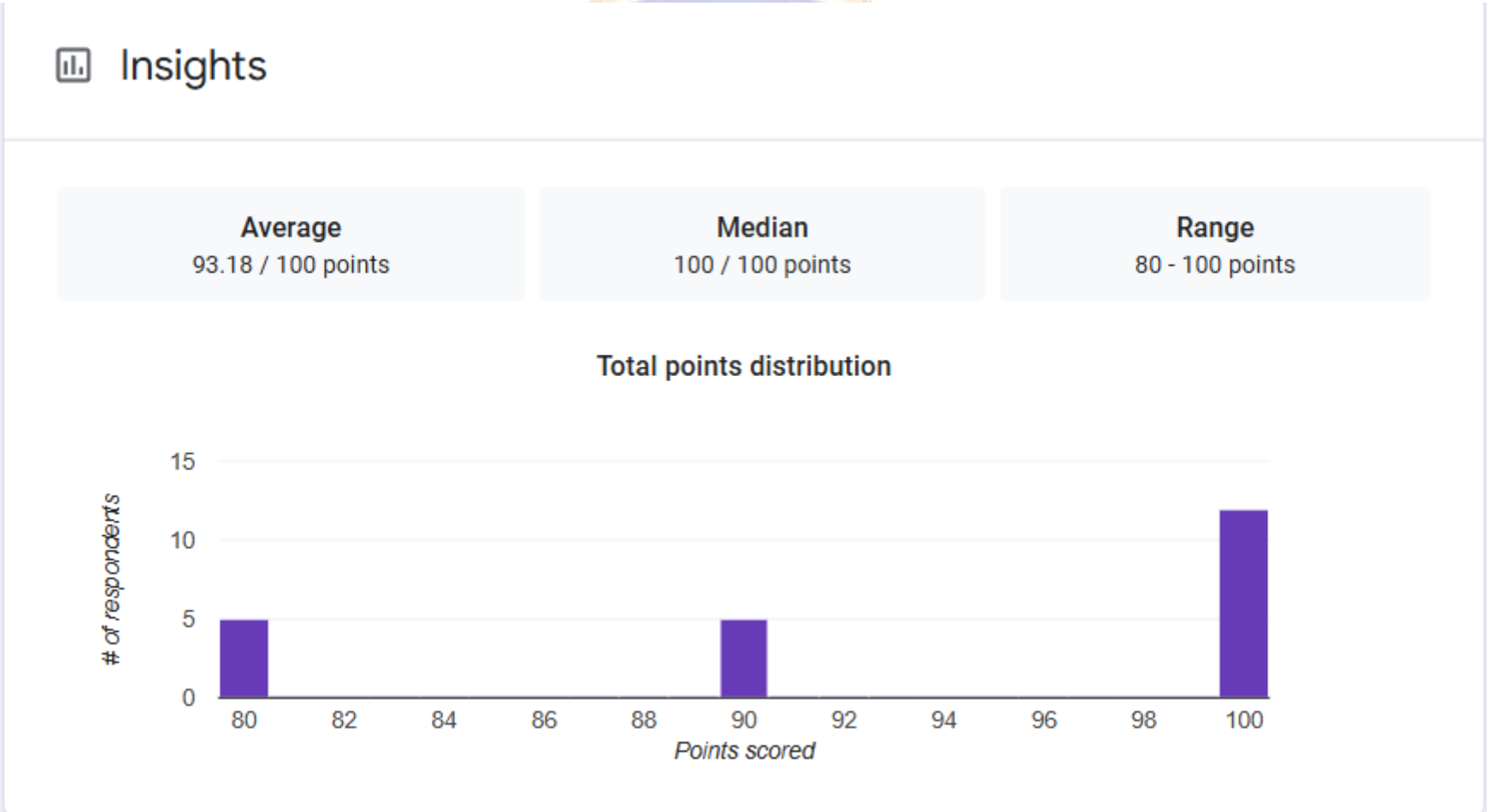
Total points distribution



Lampiran 10. Hasil *Post Test*

No	Score	Nama	Soal 1	Soal 2	Soal 3	Soal 4	Soal 5	Soal 6	Soal 7	Soal 8	Soal 9	Soal 10
1	100 / 100	Iluh Sugiantari	B	C	C	B	B	D	B	B	B	D
2	90 / 100	Gede Eka Wibawa Putra	B	C	C	B	B	D	B	B	B	A
3	90 / 100	Kadek Kendi Sugiantari	B	C	C	B	B	B	B	B	B	D
4	90 / 100	Gede Septia Pratama	B	C	C	B	B	D	B	B	B	A
5	100 / 100	I Made Dony Permana Putra	B	C	C	B	B	D	B	B	B	D
6	80 / 100	Kadek Widiarta	B	C	C	C	B	D	A	B	B	D
7	100 / 100	Ketut Agus Ariadiasa	B	C	C	B	B	D	B	B	B	D
8	80 / 100	Gede Erlan Subakti	B	C	C	B	B	D	B	B	A	C
9	80 / 100	Komang Budi Harta Darma Yuda	B	C	C	E	B	D	B	B	A	D
10	100 / 100	I Gede Yoga Pratama Putra	B	C	C	B	B	D	B	B	B	D
11	90 / 100	I Putu Rizky Pramana Putra	B	C	C	B	B	C	B	B	B	D
12	100 / 100	Gusti Ayu Pandan Harum Dani	B	C	C	B	B	D	B	B	B	D
13	100 / 100	I Gede Nakula Putra Mahayasa	B	C	C	B	B	D	B	B	B	D
14	100 / 100	Ketut Agni Bunga Harum Dani	B	C	C	B	B	D	B	B	B	D
15	100 / 100	Komang April Yani	B	C	C	B	B	D	B	B	B	D
16	100 / 100	Hartik Puji Widayanti	B	C	C	B	B	D	B	B	B	D
17	90 / 100	I Gusti Ayu Dinda Prameswari	B	C	C	B	B	B	B	B	B	D
18	80 / 100	I Gede Astra Wiguna	B	A	C	B	B	A	B	B	B	D
19	100 / 100	I Gusti Ayu Made Wirya Apsari	B	C	C	B	B	D	B	B	B	D
20	100 / 100	Adetasya Maulidina	B	C	C	B	B	D	B	B	B	D

21	80 / 100	Gede Wibawa Putra	B	C	C	B	B	D	B	B	A	C
22	100 / 100	Kadek Dwi Antari	B	C	C	B	B	D	B	B	B	D



Lampiran 11. Uji Respon Pengguna (Peserta Didik)

No	Nama	Subjek																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	Materi routing pada Mikrotik disajikan dengan urutan yang mudah diikuti	5	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	3	5	5	5	5	5	3	5	3	4
2	Bahasa yang digunakan dalam petunjuk dan penjelasan mudah dipahami	5	5	5	5	4	4	4	5	4	5	4	5	3	4	3	4	4	4	3	5	4	4
3	Contoh-contoh konfigurasi yang diberikan membantu memahami konsep Routing	5	5	5	4	4	4	4	5	4	5	5	4	4	1	3	5	4	4	4	5	4	4
4	Panduan praktikum dijelaskan secara detail dan terstruktur	5	4	3	5	4	4	4	4	4	5	4	5	4	4	4	5	5	5	4	5	5	4
5	Materi yang disajikan sesuai dengan kompetensi yang ingin dicapai	5	5	5	4	4	4	4	5	4	4	4	5	4	5	3	3	5	5	4	5	3	4

No	Nama	Subjek																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
6	Media pembelajaran mudah dioperasikan tanpa kesulitan teknis	5	4	4	5	4	5	4	3	4	4	3	3	3	3	4	4	4	4	3	5	4	4
7	Sistem memberikan respon yang cepat saat digunakan	5	4	5	5	4	4	4	4	5	4	5	5	3	4	3	4	4	4	4	5	3	4
8	Simulasi routing di PNETLab memberikan pengalaman praktik seperti menggunakan perangkat asli	5	4	4	4	4	4	4	5	4	4	5	5	3	5	4	5	5	4	4	5	3	4
9	Dapat melakukan latihan dan eksperimen routing secara mandiri berulang kali	5	5	5	5	4	4	4	5	5	5	4	5	3	4	3	4	5	4	4	5	5	4
10	Navigasi antar menu dan fitur mudah dipahami dan digunakan	5	5	3	5	4	4	4	3	4	4	5	5	3	4	4	5	5	4	4	5	4	4
11	Tampilan keseluruhan media pembelajaran menarik dan profesional	5	5	5	4	4	4	4	5	4	4	5	5	4	4	4	5	4	2	4	5	4	4
12	Tata letak menu, tombol, dan area kerja tersusun dengan rapi dan logis	5	4	4	3	4	4	4	3	4	5	5	5	3	4	4	4	4	4	4	5	4	4

No	Nama	Subjek																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
13	Teks dan tulisan menggunakan jenis dan ukuran huruf yang mudah dibaca	5	4	5	5	3	4	4	4	5	4	5	5	4	4	3	5	5	4	4	5	4	4
14	Kombinasi warna yang digunakan nyaman dilihat dan mengganggu	5	5	5	5	4	4	4	4	5	5	5	5	3	4	3	4	5	3	5	5	5	4
15	Tampilan simulasi router Mikrotik menyerupai tampilan perangkat aslinya	5	4	3	5	4	4	4	5	4	5	5	5	3	4	4	5	4	4	3	5	4	4
16	Media pembelajaran membantu memahami konsep dasar dan lanjutan routing Mikrotik	5	2	5	4	4	4	4	5	5	4	5	5	3	4	3	5	4	4	5	5	4	4
17	Dapat belajar secara mandiri dan mengatur kecepatan belajar sendiri	5	5	5	4	4	4	4	5	5	4	5	5	3	4	4	4	4	4	4	5	5	3
18	Media pembelajaran membuat proses belajar routing lebih menarik dan membosankan	5	5	5	4	4	4	4	5	5	5	4	5	3	4	4	4	5	4	4	5	4	5

No	Nama	Subjek																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
19	Praktik routing menjadi lebih mudah dengan menggunakan simulasi di PNETLab	5	4	5	5	4	4	4	4	4	4	4	5	3	4	4	4	4	4	5	5	4	4
20	Media pembelajaran membantu mencapai tujuan pembelajaran yang diharapkan	5	5	5	4	3	4	4	5	4	5	5	5	4	4	5	5	5	4	4	5	5	4
Total		100	88	90	89	78	81	80	88	87	90	91	96	66	79	74	89	90	80	79	100	81	80

Lampiran 12. Uji Respon Guru

ANGKET RESPONS GURU TERHADAP PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN MENGGUNAKAN PNETLAB UNTUK MATERI ROUTING PADA MIKROTIK DI ELEMEN PEMASANGAN DAN KONFIGURASI PERANGKAT JARINGFAN

A. IDENTITAS RESPONDEN

Nama : Putu Anditha Widyantari

NIP : 19980913 2023 211004

B. PETUNJUK PENGISIAN

1. Berikan tanda ✓ pada kolom yang disediakan sesuai dengan penilaian anda
2. Keterangan Skala:
   - STS = Sangat Tidak Setuju
   - TS = Tidak Setuju
   - N = Netral
   - S = Setuju
   - SS = Sangat Setuju

DAFTAR PERTANYAAN

NO	PERTANYAAN	SS	S	KS	TS	STS
1	Apakah media pembelajaran berbasis PNetLab membantu pencapaian tujuan pembelajaran sesuai kompetensi yang dirancang?	✓				
2	Apakah materi yang disajikan melalui PNetLab relevan dengan kebutuhan siswa dalam memahami routing statis dan dinamis?	✓				
3	Apakah panduan penggunaan PNetLab sudah jelas dan memudahkan proses pembelajaran?		✓			
4	Apakah PNetLab mudah digunakan dalam pengelolaan aktivitas praktikum di kelas?	✓				
5	Apakah media pembelajaran PNetLab mendukung guru dalam menyampaikan materi routing secara efektif?		✓			

CS Dipindai dengan CamScanner

6	Seberapa efektif PNetLab dalam membantu siswa memahami langkah-langkah konfigurasi routing?.			✓		
7	Apakah PNetLab membantu guru memantau perkembangan keterampilan siswa dalam konfigurasi jaringan?		✓			
8	Apakah fitur interaktif dalam PNetLab mempermudah siswa untuk melakukan troubleshooting jaringan?			✓		
9	Apakah penggunaan PNetLab dapat menciptakan suasana belajar yang lebih aktif dan kolaboratif?	✓				
10	Seberapa besar PNetLab mendukung Anda dalam mengevaluasi hasil belajar siswa melalui aktivitas praktikum?	✓				

Singaraja, 12 Juni 2025

Guru Penilai

Putu Andika Wiratamaya

NIP. 199809132023211004

Dipindai dengan CamScanner

ANGKET RESPONS GURU TERHADAP PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN MENGGUNAKAN PNETLAB UNTUK MATERI ROUTING PADA MIKROTIK DI ELEMEN PEMASANGAN DAN KONFIGURASI PERANGKAT JARINGFAN

A. IDENTITAS RESPONDEN

Nama : Gede Sunipta

NIP : 199205032019031008

B. PETUNJUK PENGISIAN

1. Berikan tanda ✓ pada kolom yang disediakan sesuai dengan penilaian anda
2. Keterangan Skala:
   - STS = Sangat Tidak Setuju
   - TS = Tidak Setuju
   - N = Netral
   - S = Setuju
   - SS = Sangat Setuju

DAFTAR PERTANYAAN

NO	PERTANYAAN	SS	S	KS	TS	STS
1	Apakah media pembelajaran berbasis PNetLab membantu pencapaian tujuan pembelajaran sesuai kompetensi yang dirancang?	✓				
2	Apakah materi yang disajikan melalui PNetLab relevan dengan kebutuhan siswa dalam memahami routing statis dan dinamis?		✓			
3	Apakah panduan penggunaan PNetLab sudah jelas dan memudahkan proses pembelajaran?		✓			
4	Apakah PNetLab mudah digunakan dalam pengelolaan aktivitas praktikum di kelas?	✓				
5	Apakah media pembelajaran PNetLab mendukung guru dalam menyampaikan materi routing secara efektif?		✓			

CS Dipindai dengan CamScanner

6	Seberapa efektif PNetLab dalam membantu siswa memahami langkah-langkah konfigurasi routing?.	✓				
7	Apakah PNetLab membantu guru memantau perkembangan keterampilan siswa dalam konfigurasi jaringan?		✓			
8	Apakah fitur interaktif dalam PNetLab mempermudah siswa untuk melakukan troubleshooting jaringan?			✓		
9	Apakah penggunaan PNetLab dapat menciptakan suasana belajar yang lebih aktif dan kolaboratif?	✓				
10	Seberapa besar PNetLab mendukung Anda dalam mengevaluasi hasil belajar siswa melalui aktivitas praktikum?		✓			

Singaraja,

Guru Penilai

Gede Sunipta

NIP. 19520503 201503 1 008

CS Dipindai dengan CamScanner

Lampiran 13. Dokumentasi