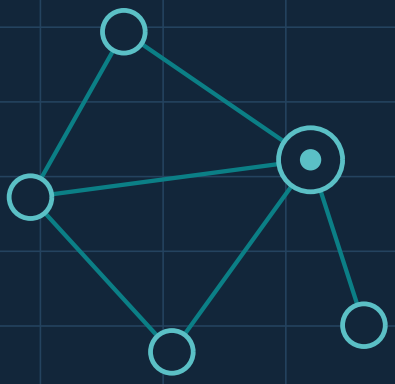
NASKAH INOVASI PEMBELAJARAN

Mata Pelajaran Produktif | Teknik Komputer dan Jaringan



MikroTik Lab

Simulator RouterOS Offline dengan Praktik Terpandu, Penilaian Otomatis, dan Remediasi untuk Penguasaan Administrasi Jaringan di SMK

Disusun oleh

Aliyudin

Guru Mata Pelajaran Produktif Teknik Komputer dan Jaringan
SMK Ciledug Al-Musaddadiyah

Tahun 2026

RouterOS 7.16 | berjalan penuh tanpa koneksi internet

Kata Pengantar

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga naskah inovasi pembelajaran ini dapat diselesaikan. Naskah ini memaparkan *MikroTik Lab*, sebuah simulator RouterOS yang berjalan sepenuhnya di peramban tanpa koneksi internet, dirancang untuk mendampingi peserta didik program keahlian Teknik Komputer dan Jaringan (TKJ) menguasai administrasi router secara bertahap, aman, dan terukur.

Gagasan ini berangkat dari pengalaman mengampu mata pelajaran produktif TKJ: waktu praktik yang terbatas, jumlah perangkat yang tidak sebanding dengan jumlah peserta didik, serta umpan balik yang sulit diberikan serentak kepada setiap peserta didik. Inovasi ini berupaya menjawab persoalan tersebut dengan menggabungkan praktik terpandu, penilaian otomatis, dan remediasi dalam satu berkas yang mudah dibagikan.

Penulis menyampaikan terima kasih kepada pimpinan satuan pendidikan, rekan sejawat, dan peserta didik yang menjadi sumber inspirasi. Kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi penyempurnaan inovasi ini. Semoga naskah ini bermanfaat bagi pengembangan pembelajaran vokasi yang bermutu.

Penulis,

Aliyudin

Abstrak

Praktik administrasi router merupakan kompetensi inti program keahlian TKJ, tetapi pelaksanaannya di kelas sering terkendala keterbatasan perangkat, risiko salah konfigurasi, waktu yang singkat, dan umpan balik yang tertunda. Naskah ini memaparkan *MikroTik Lab*, simulator RouterOS 7.16 berbentuk satu berkas HTML yang berjalan tanpa internet. Simulator memuat 11 modul berurutan dari dasar jaringan hingga pengujian dan *backup*, topologi interaktif dengan animasi paket, terminal bergaya RouterOS dengan pelengkapan perintah, tampilan WinBox, 40 tugas yang diperiksa otomatis, kuis per modul dengan batas ketuntasan 75 beserta remediasi, enam skenario gangguan jaringan, sertifikat penyelesaian, dan penyimpanan progres otomatis.

Rancangan pedagogisnya bertumpu pada pembelajaran pengalaman (Kolb), *scaffolding* (Vygotsky; Wood, Bruner, dan Ross), umpan balik formatif (Black dan Wiliam; Hattie dan Timperley), serta pembelajaran tuntas (Bloom). Naskah menyajikan arsitektur inovasi, skenario implementasi, rubrik asesmen, serta rencana pengukuran dampak berbasis *N-Gain*. Dampak pembelajaran belum dilaporkan sebagai hasil empiris; naskah ini menyediakan desain evaluasi dan instrumen untuk uji coba di kelas.

Kata kunci: inovasi pembelajaran, simulator jaringan, MikroTik RouterOS, penilaian formatif, remediasi, pembelajaran vokasi TKJ.

Daftar Isi

BAB I Pendahuluan 7

A. Latar Belakang 7

B. Identifikasi Masalah 7

C. Tujuan 7

D. Manfaat 8

E. Sasaran dan Ruang Lingkup 8

BAB II Kajian Teoretis 9

A. Pembelajaran Praktik Berbasis Simulasi 9

B. Pembelajaran Pengalaman (Kolb) 9

C. Scaffolding dan Zona Perkembangan Proksimal 9

D. Umpan Balik Formatif 9

E. Pembelajaran Tuntas dan Remediasi 9

F. Beban Kognitif 10

G. Kerangka Kurikulum 10

H. Landasan Teknis 10

BAB III Deskripsi Inovasi 11

A. Gambaran Umum 11

B. Kebaruan dan Keunggulan 11

C. Arsitektur Materi 12

D. Fitur Utama 12

E. Sintaks Pembelajaran 13

BAB IV Implementasi Pembelajaran 14

A. Prasyarat dan Persiapan 14

B. Contoh Skenario Satu Pertemuan 14

C. Peran Guru 14

D. Pembelajaran Berdiferensiasi 15

E. Asesmen 15

BAB V Evaluasi dan Rencana Pengukuran Dampak 16

A. Desain Evaluasi 16

B. Indikator Keberhasilan 16

C. Templat Rekap Hasil 16

D. Etika dan Data 16

BAB VI Keterbatasan, Pengembangan, dan Keberlanjutan 17

A. Keterbatasan 17

B. Rencana Pengembangan 17

C. Keberlanjutan dan Replikasi 17

BAB VII Penutup 18

A. Kesimpulan 18

B. Saran 18

Daftar Pustaka 19

Lampiran A. Perintah Kunci per Modul 20

Lampiran B. Skenario Gangguan 21

Lampiran C. Panduan Cepat Guru 22

Lampiran D. Angket Refleksi Peserta Didik 23

BAB I

Pendahuluan

A. Latar Belakang

Program keahlian Teknik Komputer dan Jaringan menuntut peserta didik terampil merancang, mengonfigurasi, mengamankan, dan memecahkan masalah jaringan. Router adalah pusat dari seluruh kompetensi itu, dan MikroTik RouterOS menjadi salah satu platform yang lazim digunakan dalam pembelajaran karena fiturnya lengkap dan perangkatnya relatif terjangkau. Penguasaan router tidak cukup lewat membaca teori; peserta didik perlu berulang kali mengetik perintah, mengamati akibatnya, dan memperbaiki kesalahan.

Dalam praktik di kelas, kebutuhan itu berbenturan dengan sejumlah kenyataan yang lazim dijumpai di SMK: jumlah perangkat fisik yang terbatas sehingga peserta didik harus berbagi, kesalahan konfigurasi yang dapat mengunci akses perangkat dan menghabiskan waktu untuk pengaturan ulang, koneksi internet sekolah atau rumah yang tidak selalu tersedia, serta kecepatan belajar peserta didik yang beragam. Guru pun sulit memeriksa konfigurasi puluhan peserta didik pada saat yang sama, sehingga umpan balik datang terlambat.

Inovasi yang diajukan adalah *MikroTik Lab*: simulator yang mereplikasi alur kerja nyata, mulai dari memasang kabel, memasang RouterOS dengan Netinstall, login, hingga mengonfigurasi layanan jaringan dan mengujinya dari komputer klien. Simulator memberi umpan balik seketika atas setiap perintah, memeriksa penyelesaian tugas secara otomatis, dan menyediakan jalur remediasi bagi peserta didik yang belum tuntas.

B. Identifikasi Masalah

1. Perangkat praktik tidak sebanding dengan jumlah peserta didik sehingga waktu bersentuhan langsung dengan perangkat sedikit.
2. Kesalahan konfigurasi berisiko menguncikan perangkat dan menyita waktu pemulihan.
3. Praktik bergantung pada ketersediaan internet dan perangkat lunak yang perlu dipasang.
4. Umpan balik atas pekerjaan peserta didik tertunda karena guru harus memeriksa satu per satu.
5. Peserta didik yang belum tuntas tidak memiliki jalur belajar mandiri yang terarah.

C. Tujuan

1. Menyediakan lingkungan praktik RouterOS yang aman, dapat diulang, dan dapat dijalankan tanpa internet.
2. Memberikan umpan balik formatif otomatis pada tingkat perintah, tugas, dan modul.
3. Menerapkan pembelajaran tuntas melalui kuis berbatas lulus dan remediasi butir yang belum dikuasai.

4. Melatih penalaran pemecahan masalah melalui skenario gangguan yang harus didiagnosis peserta didik.
5. Menyediakan perangkat ajar yang mudah direplikasi oleh guru lain dalam forum MGMP.

D. Manfaat

Bagi peserta didik: kesempatan berlatih tanpa takut merusak perangkat, kemajuan belajar yang terlihat, dan kemandirian dalam memperbaiki kesalahan. **Bagi guru**: berkurangnya beban memeriksa pekerjaan dasar sehingga waktu dapat dialihkan untuk bimbingan pada kesulitan yang bermakna. **Bagi satuan pendidikan**: perangkat ajar yang murah, ringan, dan dapat dibagikan lewat *flashdisk*, jaringan lokal, atau aplikasi pesan.

E. Sasaran dan Ruang Lingkup

Sasaran utama adalah peserta didik Fase F (kelas XI dan XII) program keahlian TKJ pada mata pelajaran produktif administrasi infrastruktur jaringan. Ruang lingkup meliputi 11 modul: dasar jaringan, instalasi, pengamanan dasar, antarmuka dan IP WAN, *routing* dan DNS, NAT *masquerade*, LAN dan DHCP *server*, *firewall* dasar, manajemen *bandwidth*, *hardening*, serta pengujian dan *backup*.

BAB II

Kajian Teoretis

A. Pembelajaran Praktik Berbasis Simulasi

Simulasi memungkinkan peserta didik melakukan tindakan yang pada perangkat nyata berisiko atau mahal, seperti salah memblokir akses admin, menghapus *route*, atau mengganti konfigurasi berulang kali. Nilai pedagogisnya terletak pada kebebasan untuk salah dan mencoba lagi. Agar bermakna, simulasi harus *autentik*, yaitu memakai sintaks, urutan kerja, dan pesan galat yang menyerupai perangkat sebenarnya, sehingga keterampilan dapat dipindahkan ke praktik nyata.

B. Pembelajaran Pengalaman (Kolb)

Kolb (1984) menggambarkan belajar sebagai siklus: pengalaman konkret, observasi reflektif, konseptualisasi abstrak, dan eksperimen aktif. Dalam simulator, peserta didik mengetik perintah (pengalaman), mengamati keluaran terminal dan animasi paket (observasi), menghubungkannya dengan konsep pada materi (konseptualisasi), lalu mencoba variasi perintah atau memperbaiki gangguan (eksperimen).

C. Scaffolding dan Zona Perkembangan Proksimal

Vygotsky (1978) menekankan bahwa belajar paling efektif pada zona antara apa yang dapat dilakukan sendiri dan yang dapat dilakukan dengan bantuan. Wood, Bruner, dan Ross (1976) menamai bantuan sementara itu *scaffolding*. Simulator menyediakan bantuan bertingkat: contoh perintah yang dapat diklik untuk mengisi terminal, pelengkapan perintah dengan tombol Tab, riwayat perintah, pesan galat yang menunjuk modul terkait, dan petunjuk pada perintah *hint*. Bantuan ini bersifat opsional sehingga dapat dikurangi seiring bertambahnya kemampuan.

D. Umpan Balik Formatif

Black dan Wiliam (1998) menunjukkan bahwa asesmen formatif yang menghasilkan umpan balik berguna dapat meningkatkan capaian belajar. Hattie dan Timperley (2007) menegaskan bahwa umpan balik paling efektif bila menjawab tiga pertanyaan: ke mana tujuan saya, bagaimana kemajuan saya, dan apa langkah berikutnya. Daftar tugas, penanda modul selesai, dan indikator progres pada simulator menjawab pertanyaan tersebut pada setiap langkah.

E. Pembelajaran Tuntas dan Remediasi

Bloom (1968) mengusulkan bahwa sebagian besar peserta didik dapat mencapai penguasaan bila diberi waktu dan bantuan korektif yang sesuai. Prinsip ini diwujudkan dalam nilai ketuntasan 75 serta remediasi yang secara khusus mengulang butir yang belum benar pada jawaban pertama, dengan tautan langsung ke materi modul terkait.

F. Beban Kognitif

Sweller (1988) menjelaskan bahwa memori kerja yang terbatas harus dikelola agar peserta didik tidak kewalahan. Materi dipecah menjadi 11 modul pendek, setiap modul diawali konsep ringkas bergambar, kemudian praktik, dan diakhiri uji. Pemisahan ini sejalan dengan prinsip multimedia Mayer (2009) bahwa penjelasan visual yang dekat dengan tindakan mengurangi beban yang tidak perlu.

G. Kerangka Kurikulum

Inovasi ini selaras dengan semangat Kurikulum Merdeka pada pembelajaran vokasi: pembelajaran berdiferensiasi, asesmen formatif yang terintegrasi dengan proses, dan penguatan dimensi Profil Pelajar Pancasila, khususnya bernalar kritis, mandiri, dan kreatif. Praktik diagnosis gangguan melatih bernalar kritis, sementara jalur remediasi dan pengaturan laju belajar melatih kemandirian.

H. Landasan Teknis

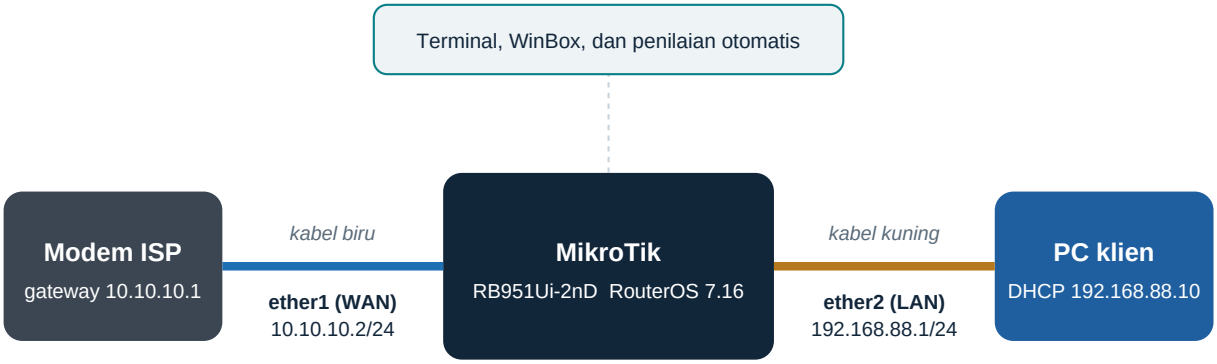
Materi teknis mengacu pada standar terbuka: pengalamatan IPv4 privat (RFC 1918), DHCP (RFC 2131), *Network Address Translation* tradisional (RFC 3022), ICMP yang dipakai perintah *ping* (RFC 792), serta dokumentasi resmi MikroTik RouterOS. Perilaku perintah pada simulator disederhanakan untuk keperluan belajar dan tidak dimaksudkan menggantikan dokumentasi resmi.

BAB III

Deskripsi Inovasi

A. Gambaran Umum

MikroTik Lab adalah aplikasi web berbentuk satu berkas HTML berukuran sekitar 137 KB. Aplikasi tidak memerlukan instalasi, tidak memuat sumber daya dari internet, dan dapat dibuka langsung pada peramban modern di komputer maupun ponsel. Seluruh logika, gambar, dan materi tertanam di dalam berkas. Perangkat yang disimulasikan adalah RouterBOARD RB951Ui-2nD dengan RouterOS 7.16.



Alur paket yang dianimasikan: PC klien > router (NAT srcnat) > modem ISP > internet, lalu balasan kembali.

Gambar 1. Topologi laboratorium yang disimulasikan beserta pengalamatan.

B. Kebaruan dan Keunggulan

Tabel 1. Keunggulan inovasi dibandingkan praktik konvensional

Aspek	Praktik konvensional	MikroTik Lab
Akses	Terikat perangkat fisik dan waktu praktik	Berjalan di perangkat apa pun yang memiliki peramban, kapan saja, tanpa internet
Keamanan eksperimen	Salah konfigurasi dapat mengunci perangkat	Kesalahan tidak merusak apa pun; tombol Reset lab memulai dari nol
Umpan balik	Menunggu guru memeriksa	Seketika pada tiap perintah, tugas, dan kuis
Autentisitas	Perangkat nyata	Sintaks, menu, dan pesan galat bergaya RouterOS; tampilan Terminal dan WinBox
Pembelajaran tuntas	Ulangan sulit diulang individual	Kuis per modul, batas lulus 75, remediasi butir salah
Kesinambungan	Progres tidak tercatat	Progres tersimpan otomatis di peramban dan pulih saat dibuka kembali

C. Arsitektur Materi

Materi tersusun dalam 11 modul berurutan. Setiap modul memuat konsep, praktik dengan contoh perintah yang dapat diklik, uji pemahaman, dan daftar tugas yang diperiksa otomatis. Modul pertama hingga ketiga membangun fondasi dan kemandirian dasar; modul keempat hingga ketujuh membentuk jalur konektivitas dari WAN hingga klien; modul kedelapan hingga kesebelas memperkuat pengelolaan, keamanan, dan pengujian.

Tabel 2. Peta modul, tugas otomatis, dan kuis

No	Modul	Fokus kompetensi	Tugas	Kuis
1	Dasar jaringan	Model TCP/IP, subnet IPv4, peran gateway, DHCP, DNS, NAT, ARP	2	2
2	Pengenalan dan instalasi	Memasang kabel, Netinstall, login awal, alat konfigurasi	4	2
3	Pengamanan dasar	Identity, password admin, prinsip *least privilege*	3	2
4	Interface dan IP WAN	Penamaan interface, DHCP client, alamat WAN	4	2
5	Routing dan DNS	Route default, DNS *cache*, *longest prefix match*	3	2
6	NAT masquerade	Aturan srcnat, uji ping dari router	4	2
7	LAN dan DHCP server	Alamat LAN, pool, network, server, lease	5	2
8	Firewall dasar	Chain input, urutan aturan, kebijakan minimal	4	2
9	Bandwidth: Simple Queue	Target, max-limit, prioritas, urutan queue	3	2
10	Hardening dan keamanan	Menonaktifkan layanan, user pribadi, pertahanan berlapis	3	2
11	Uji dan backup	Uji ujung ke ujung, traceroute, backup dan export, troubleshooting	5	2
	Jumlah		**40**	**22**

Catatan: jumlah tugas pada setiap modul sudah termasuk satu tugas yang menyatakan kuis modul dijawab benar.

D. Fitur Utama

1. Topologi interaktif dan animasi paket. Peserta didik mencolok dan mencabut kabel WAN dan LAN dengan mengeklik konektor. Lampu *link* dan indikator berubah sesuai keadaan, dan status interface (flag R) mengikuti kondisi kabel. Saat ping dijalankan, paket digambarkan bergerak sepanjang kabel sehingga jalur paket menjadi terlihat.

2. Instalasi Netinstall tersimulasi. Urutan kerja mengikuti praktik nyata: kabel dipasang lebih dahulu, kemudian proses pemasangan RouterOS ditampilkan bertahap pada terminal, dan peserta didik *login* sebagai *admin* dengan password kosong.

3. Terminal RouterOS dan tampilan WinBox. Terminal menerima perintah dengan sintaks RouterOS, mendukung navigasi menu (misalnya `/ip address`), pelengkapan Tab untuk 40 pola perintah, riwayat perintah dengan tombol panah atas, serta pesan galat yang menjelaskan penyebab kegagalan. Tampilan WinBox memperlihatkan data yang sama dalam bentuk tabel grafis.

4. Penilaian otomatis. Sebanyak 40 tugas diperiksa terhadap keadaan router tersimulasi, bukan terhadap teks yang diketik. Peserta didik yang mencapai hasil yang sama dengan cara berbeda tetap dinyatakan tuntas.

5. Kuis, ketuntasan, dan remediasi. Setiap modul memuat dua butir kuis dengan urutan pilihan yang diputar. Nilai dihitung dari jawaban pertama dengan batas ketuntasan 75. Panel Remediasi menampilkan butir yang belum benar, mengizinkan percobaan ulang, dan menautkan ke materi modul terkait.

6. Latihan gangguan. Tombol Simulasikan gangguan memilih satu dari enam skenario secara acak dan hanya menjatuhkan gangguan pada konfigurasi yang sudah dibuat peserta didik. Peserta didik mendiagnosis dengan `ping`, `tool traceroute`, dan perintah *print*, lalu memperbaikinya. Gangguan baru tidak dapat dibuat sebelum gangguan sebelumnya teratasi.

7. Sertifikat penyelesaian. Setelah seluruh modul tuntas, peserta didik dapat mencetak atau menyimpan sertifikat berisi nama dan tanggal sebagai pengakuan atas capaiannya.

8. Penyimpanan progres dan aksesibilitas. Progres tersimpan otomatis di peramban. Antarmuka responsif untuk layar kecil, mendukung navigasi papan ketik, menyediakan wilayah *aria-live* untuk keluaran terminal, dan menghormati preferensi pengurangan gerak.

E. Sintaks Pembelajaran

Setiap modul mengikuti lima tahap yang membentuk siklus. Tahap kelima dapat mengembalikan peserta didik ke tahap kedua hingga ketuntasan tercapai.



Gambar 2. Sintaks pembelajaran pada setiap modul.

BAB IV

Implementasi Pembelajaran

A. Prasyarat dan Persiapan

Persiapan sederhana: berkas HTML dibagikan kepada peserta didik melalui *flashdisk*, jaringan lokal, atau aplikasi pesan, lalu dibuka pada peramban. Tidak ada instalasi, akun, maupun koneksi internet yang diperlukan. Guru sebaiknya mencoba seluruh alur satu kali sebelum pembelajaran agar akrab dengan pesan galat dan skenario gangguan.

B. Contoh Skenario Satu Pertemuan

Berikut contoh skenario untuk modul NAT *masquerade* dengan alokasi 4 jam pelajaran (180 menit). Guru dapat menyesuaikannya untuk modul lain.

Tabel 3. Skenario pembelajaran contoh

Tahap	Kegiatan guru	Kegiatan peserta didik	Menit
Pembuka	Mengaitkan dengan modul sebelumnya, mengajukan pertanyaan pemantik: mengapa IP privat tidak bisa menembus internet	Menjawab dan merumuskan dugaan	15
Konsep	Menjelaskan srcnat dengan diagram alur paket pada materi	Membaca materi dan mengamati diagram	25
Praktik terpandu	Berkeliling dan memberi bantuan seperlunya	Menjalankan contoh perintah, mengamati hasil ping dari PC sebelum dan sesudah NAT	60
Latihan gangguan	Menetapkan tiket gangguan sebagai tantangan	Mendiagnosis dan memperbaiki satu gangguan, mencatat langkah	30
Uji pemahaman	Memantau penyelesaian kuis	Mengerjakan kuis modul dan memeriksa daftar tugas	25
Refleksi	Memfasilitasi diskusi singkat dan memberi umpan balik bersama	Menuliskan satu hal yang dipelajari dan satu kesulitan	15
Penutup	Menyimpulkan dan menugaskan remediasi bagi yang belum tuntas	Mengerjakan remediasi sebagai tugas mandiri	10

C. Peran Guru

Guru berperan sebagai fasilitator dan penilai. Karena pemeriksaan dasar telah diotomatisasi, guru dapat memusatkan perhatian pada peserta didik yang macet, mengajukan pertanyaan penggali ("apa yang Anda periksa terlebih dahulu?"), dan membimbing penalaran diagnosis. Guru memantau kemajuan melalui penanda *n/11 modul selesai* pada layar masing-masing peserta didik.

D. Pembelajaran Berdiferensiasi

- **Peserta didik yang memerlukan dukungan**: memakai contoh perintah yang dapat diklik, petunjuk, dan remediasi berulang tanpa batas waktu.
- **Peserta didik yang cepat**: mengerjakan latihan gangguan berulang, membaca kotak pendalaman pada modul, dan menantang diri melakukan konfigurasi tanpa menyalin contoh.
- **Kerja berpasangan**: satu peserta didik mengetik, yang lain menjadi navigator yang membaca tugas, lalu bertukar peran.

E. Asesmen

Asesmen memadukan data otomatis simulator dengan pengamatan guru. Komposisi di bawah ini merupakan usulan yang dapat disesuaikan dengan kebijakan satuan pendidikan.

Tabel 4. Komponen asesmen (usulan)

Komponen	Sumber data	Bobot usulan
Praktik terpandu	Daftar tugas otomatis pada setiap modul	35%
Pemahaman konsep	Kuis modul, nilai jawaban pertama, batas lulus 75	25%
Kinerja pemecahan masalah	Latihan gangguan dinilai dengan rubrik	25%
Sikap dan refleksi	Jurnal refleksi dan pengamatan guru	15%

Tabel 5. Rubrik kinerja diagnosis gangguan

Kriteria	Baik (3)	Cukup (2)	Perlu bimbingan (1)
Pendekatan sistematis	Menelusuri dari kabel dan IP hingga NAT dan firewall secara berurutan	Sebagian urutan benar, ada langkah melompat	Mencoba perintah acak tanpa pola
Ketepatan diagnosis	Menunjuk penyebab dengan bukti dari keluaran perintah	Menunjuk penyebab dengan bukti sebagian	Penyebab tidak teridentifikasi
Ketepatan perbaikan	Perbaikan tepat dan tidak merusak konfigurasi lain	Perbaikan berhasil setelah beberapa percobaan	Perbaikan tidak berhasil
Verifikasi	Menguji ulang dari PC klien dan mencatat hasil	Menguji sebagian	Tidak menguji ulang

BAB V

Evaluasi dan Rencana Pengukuran Dampak

Naskah ini belum melaporkan hasil uji empiris. Bab ini menyediakan desain, indikator, dan templat rekap untuk mengukur dampak inovasi setelah diimplementasikan.

A. Desain Evaluasi

Desain yang disarankan adalah kuasi-eksperimen dengan *pretest* dan *posttest* pada kelas yang memakai inovasi, dengan kelas pembanding yang memakai praktik konvensional bila memungkinkan. Tanpa kelas pembanding, dapat dipakai desain satu kelompok dengan menyadari batasan inferensinya. Peningkatan dihitung dengan *gain* ternormalisasi (Hake, 1998):

$$g = (\text{skor posttest} - \text{skor pretest}) / (\text{skor maksimum} - \text{skor pretest})$$

dengan kategori $g > 0{,}7$ tinggi; 0,3 sampai 0,7 sedang; dan $g < 0{,}3$ rendah.

B. Indikator Keberhasilan

Tabel 6. Indikator dan target perencanaan

Indikator	Instrumen	Target (perencanaan)
Ketuntasan konsep	Nilai jawaban pertama pada kuis modul	Sedikitnya 85% peserta didik mencapai nilai 75
Peningkatan penguasaan	Tes tertulis dan praktik *pretest-posttest*	N-Gain kategori sedang atau lebih
Efisiensi diagnosis	Waktu dan jumlah perintah pada tiap latihan gangguan	Menurun dari latihan pertama ke latihan berikutnya
Kemandirian	Jumlah penggunaan remediasi dan petunjuk	Menurun seiring bertambahnya modul
Penerimaan peserta didik	Angket skala Likert 1 sampai 5 (Lampiran D)	Rata-rata sedikitnya 4,0

C. Templat Rekap Hasil

Tabel 7. Templat rekap hasil uji coba

Kelas	Jumlah peserta didik	Rerata pretest	Rerata posttest	N-Gain	Tuntas (%)
Kelas inovasi	.....	.....	.....	.....	.....
Pembanding	.....	.....	.....	.....	.....

D. Etika dan Data

Progres dan nama peserta didik hanya disimpan di penyimpanan lokal peramban pada perangkat masing-masing dan tidak dikirim ke server. Karena itu tidak ada dasbor terpusat; rekap dilakukan dari layar peserta didik dengan persetujuannya.

BAB VI

Keterbatasan, Pengembangan, dan Keberlanjutan

A. Keterbatasan

- Simulator mengimplementasikan sebagian perintah RouterOS yang relevan dengan 11 modul. Perintah di luar cakupan akan ditolak dengan pesan galat.
- Simulasi tidak menggantikan pengalaman fisik: kabel rusak, firmware, latensi nyata, dan perilaku perangkat sungguhan tetap perlu dilatih pada perangkat nyata atau mesin virtual CHR.
- Bank soal terbatas pada 22 butir (dua per modul), sehingga perlu diperluas agar tidak mudah dihafal.
- Progres bersifat lokal per peramban dan perangkat; belum ada rekap kelas terpusat.
- Topik lanjutan seperti VLAN, bridge, *dstnat*, Queue Tree, dan VPN baru dibahas secara konseptual pada kotak pendalaman dan belum dapat dipraktikkan dalam simulator.

B. Rencana Pengembangan

- Fitur ekspor ringkasan progres ke berkas agar guru dapat merekap tanpa dasbor server.
- Bank soal yang lebih besar dengan pengacakan butir.
- Modul lanjutan: bridge dan VLAN, *port forwarding*, failover dua ISP, dan Queue Tree.
- Panduan transisi ke praktik pada perangkat nyata atau CHR sebagai tahap setelah simulasi.
- Uji kebergunaan sistem (*System Usability Scale*) bersama peserta didik dan guru sejawat.

C. Keberlanjutan dan Replikasi

Karena berbentuk satu berkas tanpa ketergantungan, inovasi ini mudah digandakan dan dibagikan, sehingga dapat direplikasi oleh guru lain melalui forum MGMP TKJ. Biaya pemeliharaan rendah karena tidak memerlukan server. Keberlanjutan akan lebih kuat bila disertai pelatihan singkat bagi guru, pembaruan materi seiring versi RouterOS, dan pengumpulan masukan dari pengguna. MikroTik dan RouterOS adalah merek dagang MikroTik SIA; simulator ini adalah media belajar mandiri dan tidak berafiliasi dengan MikroTik.

BAB VII

Penutup

A. Kesimpulan

MikroTik Lab menjawab persoalan nyata pembelajaran produktif TKJ: keterbatasan perangkat, risiko kesalahan konfigurasi, ketergantungan pada internet, dan lambatnya umpan balik. Dengan 11 modul, topologi interaktif, terminal bergaya RouterOS, 40 tugas yang diperiksa otomatis, kuis berbatas lulus dengan remediasi, dan enam skenario gangguan, inovasi ini mengoperasionalkan prinsip pembelajaran pengalaman, *scaffolding*, umpan balik formatif, dan pembelajaran tuntas dalam satu perangkat ajar yang ringan dan dapat dibagikan.

B. Saran

1. Guru mengimplementasikan inovasi ini sebagai pendamping, bukan pengganti, praktik pada perangkat nyata.
2. Guru mengumpulkan data pretest, posttest, dan angket menggunakan Bab V agar dampaknya dapat dilaporkan secara terbuka.
3. Satuan pendidikan memfasilitasi berbagi praktik baik melalui MGMP dan lokakarya.
4. Pengembang melanjutkan pengayaan bank soal dan modul lanjutan sesuai kebutuhan dunia kerja.

Daftar Pustaka

Black, P., dan Wiliam, D. (1998). Assessment and classroom learning. *Assessment in Education: Principles, Policy and Practice*, 5(1), 7–74.

Bloom, B. S. (1968). Learning for mastery. *Evaluation Comment*, 1(2), 1–12.

Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74.

Hattie, J., dan Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of Educational Research*, 77(1), 81–112.

Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (edisi ke-2). Cambridge: Cambridge University Press.

MikroTik. (2026). *RouterOS documentation*. Riga: MikroTik SIA. https://help.mikrotik.com

Postel, J. (1981). *RFC 792: Internet Control Message Protocol*. IETF.

Rekhter, Y., Moskowitz, B., Karrenberg, D., de Groot, G. J., dan Lear, E. (1996). *RFC 1918: Address allocation for private internets*. IETF.

Droms, R. (1997). *RFC 2131: Dynamic Host Configuration Protocol*. IETF.

Srisuresh, P., dan Egevang, K. (2001). *RFC 3022: Traditional IP Network Address Translator (Traditional NAT)*. IETF.

Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257–285.

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Wood, D., Bruner, J. S., dan Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17(2), 89–100.

Lampiran A. Perintah Kunci per Modul

Modul	Perintah contoh
3 Pengamanan dasar	`/system identity set name=R-Kantor` `/user set admin password=...`
4 Interface dan IP WAN	`/interface set ether1 name=WAN` `/ip dhcp-client add interface=WAN disabled=no`
5 Routing dan DNS	`/ip dns set servers=8.8.8.8,1.1.1.1 allow-remote-requests=yes` `/ip route add dst-address=0.0.0.0/0 gateway=10.10.10.1`
6 NAT masquerade	`/ip firewall nat add chain=srcnat out-interface=WAN action=masquerade`

7 LAN dan DHCP server	`/ip address add address=192.168.88.1/24 interface=LAN`
	`/ip pool add name=pool-lan ranges=192.168.88.10-192.168.88.254`
	`/ip dhcp-server network add address=192.168.88.0/24 gateway=192.168.88.1 dns-server=192.168.88.1`
	`/ip dhcp-server add name=dhcp-lan interface=LAN address-pool=pool-lan disabled=no`

8 Firewall dasar	`/ip firewall filter add chain=input connection-state=established,related action=accept`
	`/ip firewall filter add chain=input in-interface=LAN action=accept`
	`/ip firewall filter add chain=input in-interface=WAN action=drop`

9 Simple Queue	`/queue simple add name=limit-lan target=192.168.88.0/24 max-limit=10M/20M`
10 Hardening	`/ip service disable telnet,ftp,www,api` `/user add name=netadmin group=full password=...`

11 Uji dan backup	`/system backup save name=kantor-v1`
	`/export`
	`/tool traceroute 8.8.8.8`

Lampiran B. Skenario Gangguan

Enam skenario berikut dipilih secara acak oleh tombol Simulasikan gangguan, sepanjang konfigurasi terkait sudah dibuat peserta didik.

No	Laporan pengguna	Titik diagnosis	Perbaikan
1	PC dapat ping router, tetapi internet tidak bisa dibuka	Ping 8.8.8.8 dari PC gagal; periksa NAT	Menambahkan aturan srcnat masquerade pada WAN
2	Situs tidak bisa dibuka lewat nama domain	Ping IP berhasil, ping nama gagal; periksa DNS router	Mengatur servers dan allow-remote-requests=yes
3	Internet putus total	Periksa tabel route	Menambahkan route default ke 10.10.10.1
4	Router tidak memiliki alamat WAN	Periksa alamat dan DHCP client	Menambahkan kembali DHCP client pada WAN
5	Komputer baru tidak mendapat IP	Periksa status DHCP server dan lease	Mengaktifkan kembali DHCP server pada LAN
6	Situs hanya terbuka lewat IP	Periksa dns-server pada DHCP network	Mengisi dns-server dengan alamat router

Lampiran C. Panduan Cepat Guru

1. Bagikan berkas HTML kepada peserta didik dan pastikan dapat dibuka pada peramban.
2. Minta peserta didik memasukkan nama pada layar sampul, lalu mulai dari modul pertama.
3. Pada modul instalasi, peserta didik mencolok kedua kabel pada gambar topologi, menjalankan Netinstall, dan login sebagai admin dengan password kosong.
4. Ikuti urutan modul. Setiap modul dianggap selesai bila seluruh tugasnya bertanda centang.
5. Jelang akhir pertemuan, minta peserta didik membuka panel Remediasi dan mengulang butir yang belum benar.
6. Gunakan Simulasikan gangguan setelah modul 4 sampai 7 selesai sebagai tantangan dan penilaian kinerja.
7. Pakai Reset lab bila peserta didik ingin mengulang dari awal; tindakan ini menghapus seluruh progres.

Lampiran D. Angket Refleksi Peserta Didik

Berilah tanda pada skala 1 (sangat tidak setuju) sampai 5 (sangat setuju).

No	Pernyataan	1	2	3	4	5
1	Saya berani mencoba perintah karena kesalahan tidak merusak perangkat.					
2	Umpan balik pada simulator membantu saya memahami kesalahan saya.					
3	Animasi paket membantu saya memahami jalur data dari PC ke internet.					
4	Latihan gangguan meningkatkan kemampuan saya menelusuri masalah.					
5	Remediasi membantu saya menguasai materi yang tadinya sulit.					
6	Saya merasa lebih siap menggunakan router yang sebenarnya.					

Pertanyaan terbuka: bagian mana yang paling membantu dan apa yang perlu diperbaiki?