KOKOH

NODE 04 · VLAN 10/20

NASKAH INOVASI PEMBELAJARAN



K O K O H

NetLab

Putus kabel, jaringan tetap hidup.

Laboratorium Jaringan Virtual Offline untuk Pembelajaran Mendalam Redundansi Jaringan pada Peserta Didik Teknik Komputer dan Jaringan

Selaras dengan Kurikulum Merdeka dan penguatan pendekatan Pembelajaran Mendalam

802.1D · 802.1w · 802.3ad · VRRP | 100% OFFLINE | KURIKULUM MERDEKA

DISUSUN OLEH

Aliyudin

Guru Mata Pelajaran Produktif TKJ

SMKS Ciledug Al Musaddadiyah, Garut

KEAHLIAN

TKJ

Daftar Isi

Daftar Isi . . . 2
Pengantar Penulis . . . 3
Abstrak . . . 3
1. Latar Belakang . . . 4
1.1 Kompetensi yang penting, tetapi sulit dipelajari . . . 4
1.2 Realita pembelajaran di lapangan . . . 4
1.3 Peluang pada arah kebijakan terkini . . . 4
2. Landasan Kebijakan dan Pedagogis . . . 5
2.1 Kurikulum Merdeka dan Pembelajaran Mendalam . . . 5
2.2 Karakteristik pendidikan vokasi . . . 5
2.3 Posisi dalam struktur kurikulum . . . 5
3. Rumusan Masalah dan Tujuan . . . 6
3.1 Rumusan masalah . . . 6
3.2 Tujuan . . . 6
4. Gagasan Inovasi: KOKOH NetLab . . . 6
4.1 Gambaran umum . . . 6
4.2 Fitur yang mendukung pembelajaran . . . 7
4.3 Prinsip rancangan . . . 7
4.4 Batasan yang perlu disadari . . . 8
5. Keselarasan dengan Pembelajaran Mendalam . . . 8
5.1 Tiga prinsip . . . 8
5.2 Dimensi Profil Lulusan yang dikuatkan . . . 8
5.3 Empat kerangka Pembelajaran Mendalam . . . 9
6. Rancangan Pembelajaran (Contoh) . . . 9
6.1 Identifikasi . . . 9
6.2 Pertemuan 1: Jaringan yang tidak boleh berputar (STP, RSTP, PVST) . . . 10
6.3 Pertemuan 2: VLAN, trunk, DHCP, dan ACL . . . 10
6.4 Pertemuan 3: Menambah kapasitas dan menjaga gateway (LACP dan VRRP) . . . 10
6.5 Pertemuan 4: Tantangan, presentasi, dan refleksi . . . 11
6.6 Diferensiasi dan pendampingan . . . 11
7. Asesmen . . . 11
Rubrik ringkas . . . 11
8. Realita Implementasi dan Strategi Mitigasi . . . 12
9. Rencana Evaluasi dan Indikator Keberhasilan . . . 12
10. Keterbatasan dan Rencana Pengembangan . . . 13
11. Penutup . . . 13
Daftar Rujukan . . . 14
Lampiran A: Lembar Refleksi Peserta Didik . . . 15
Lampiran B: Panduan Singkat bagi Guru . . . 15

Pengantar Penulis

Dengan segala kerendahan hati, naskah ini disusun bukan untuk mengklaim sebuah jawaban yang paling benar, melainkan untuk berbagi ikhtiar kecil dari ruang kelas. Penulis menyadari bahwa banyak rekan guru, di berbagai daerah dengan kondisi yang jauh lebih sulit, telah menemukan cara-cara yang lebih baik. Karena itu, setiap bagian naskah ini terbuka untuk dikoreksi, disempurnakan, dan diadaptasi.

Bila terdapat kekeliruan, hal itu sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Masukan, koreksi, dan pengalaman Bapak/Ibu pembaca akan kami terima dengan penuh rasa syukur dan hormat.

Garut
Aliyudin

Abstrak

Redundansi jaringan (STP/RSTP, VLAN, LACP, VRRP, DHCP, dan ACL) merupakan kompetensi yang sangat dibutuhkan lulusan Teknik Komputer dan Jaringan (TKJ), tetapi sulit diajarkan secara mendalam. Konsepnya tidak kasatmata, perangkat nyata terbatas dan mahal, dan kesalahan konfigurasi dapat mengganggu jaringan praktik.

Naskah ini memaparkan **KOKOH NetLab**, sebuah laboratorium jaringan virtual dalam satu berkas HTML yang berjalan sepenuhnya secara luring (*offline*) di laptop maupun telepon genggam. Protokol di dalamnya dijalankan sungguhan: pertukaran BPDU, negosiasi LACPDU, dan pemilihan Master VRRP. Peserta didik dapat memutus kabel, mencoba konfigurasi yang keliru, lalu mengamati akibatnya tanpa risiko bagi perangkat.

Inovasi ini dirancang selaras dengan Kurikulum Merdeka yang diperkuat pendekatan Pembelajaran Mendalam: tiga prinsip (berkesadaran, bermakna, menggembirakan), tiga pengalaman belajar (memahami, mengaplikasi, merefleksi), dan delapan Dimensi Profil Lulusan. Naskah ini juga memuat rancangan pembelajaran, asesmen, rencana evaluasi, serta keterbatasan yang kami sampaikan apa adanya.

Kata kunci: Kurikulum Merdeka, Pembelajaran Mendalam, simulator jaringan, redundansi jaringan, SMK, TKJ, LKS.

1. Latar Belakang

1.1 Kompetensi yang penting, tetapi sulit dipelajari

Lulusan TKJ diharapkan mampu merancang jaringan yang tetap berfungsi ketika sebagian jalurnya gagal. Dunia usaha dan dunia industri menuntut keterampilan ini, dan kompetisi seperti Lomba Kompetensi Siswa (LKS) pun menguji kemampuan menemukan penyebab gangguan jaringan dalam waktu terbatas.

Namun konsep di baliknya bersifat abstrak. Pemilihan *root bridge*, status port, *hash* pada *port-channel*, dan pemilihan Master VRRP berlangsung di dalam perangkat dan tidak tampak oleh mata peserta didik. Akibatnya, pembelajaran sering berhenti pada hafalan istilah dan perintah, padahal yang kita harapkan adalah pemahaman yang mendalam.

1.2 Realita pembelajaran di lapangan

Beberapa kenyataan berikut lazim dijumpai di SMK, dan perlu kita hadapi dengan jujur:

Kenyataan di lapangan	Dampak terhadap pembelajaran
Perangkat (switch layer 3, router, kabel) jarang tersedia memadai untuk satu rombongan belajar.	Satu perangkat dipakai bergantian oleh banyak peserta didik; kesempatan mencoba menjadi sedikit.
Praktik pada perangkat nyata menyimpan risiko, misalnya loop atau terputusnya jaringan sekolah.	Guru wajar bersikap hati-hati dan peserta didik takut mencoba.
Jam tatap muka terbatas, sementara materi redundansi menuntut percobaan berulang dan pengamatan bertahap.	Proses seperti menunggu konvergensi STP sulit diberi ruang yang cukup.
Koneksi internet dan listrik tidak selalu stabil.	Alat bantu yang bergantung pada layanan daring atau instalasi rumit sulit diandalkan.
Kemampuan awal peserta didik sangat beragam, dan guru sering berjuang sendirian di tengah beban administrasi.	Pendampingan yang berdiferensiasi sulit dilakukan secara konsisten.
Banyak peserta didik memiliki telepon genggam, tetapi tidak semua memiliki laptop.	Perlu alat bantu yang dapat diakses lintas perangkat.

1.3 Peluang pada arah kebijakan terkini

Kemendikdasmen menegaskan bahwa Kurikulum Merdeka tetap menjadi rujukan dan bahwa tidak ada kurikulum baru; yang diperkuat adalah pendekatan Pembelajaran Mendalam. Belakangan ini, penguatan ini juga diarahkan agar mencakup koding dan kecerdasan artifisial. Arah ini memberi ruang yang baik bagi inovasi yang menempatkan peserta didik sebagai pelaku aktif, bukan sekadar penerima materi. Dari kesadaran inilah gagasan KOKOH NetLab dirancang.

2. Landasan Kebijakan dan Pedagogis

2.1 Kurikulum Merdeka dan Pembelajaran Mendalam

Kurikulum Merdeka memberi keleluasaan kepada satuan pendidikan dan guru untuk merancang pembelajaran sesuai kebutuhan peserta didik. Pembelajaran Mendalam bukanlah kurikulum baru, melainkan pendekatan yang membantu guru mewujudkan semangat tersebut di dalam kelas. Sebagaimana dirujuk dalam berbagai panduan Kemendikdasmen, pendekatan ini memiliki unsur berikut:

Unsur	Uraian
Tiga prinsip	Berkesadaran (*mindful*), bermakna (*meaningful*), dan menggembirakan (*joyful*).
Tiga pengalaman belajar	Memahami, mengaplikasi, dan merefleksi.
Empat kerangka	Praktik pedagogis, lingkungan pembelajaran, kemitraan pembelajaran, dan pemanfaatan digital.
Delapan Dimensi Profil Lulusan (DPL)	Keimanan dan ketakwaan kepada Tuhan YME, kewargaan, penalaran kritis, kreativitas, kolaborasi, kemandirian, kesehatan, dan komunikasi.

Penulis memahami bahwa regulasi dan panduan teknis dapat diperbarui. Bila Bapak/Ibu menemukan rujukan yang lebih mutakhir, mohon naskah ini disesuaikan.

2.2 Karakteristik pendidikan vokasi

SMK memiliki kekhasan: kesiapan kerja, pembelajaran berbasis proyek dan produk, kedekatan dengan dunia kerja, dan penguatan kompetensi melalui praktik. Pembelajaran Mendalam di SMK menuntut peserta didik tidak hanya tahu cara mengetik perintah, tetapi juga memahami mengapa jaringan bertindak demikian, mampu mengaplikasikannya pada situasi baru, dan mampu merefleksikan kesalahannya sendiri. Karena itu, ruang untuk bereksperimen secara aman menjadi sangat berharga.

2.3 Posisi dalam struktur kurikulum

Materi redundansi jaringan relevan dengan mata pelajaran produktif konsentrasi keahlian TKJ pada Fase F (kelas XI dan XII), misalnya yang berkaitan dengan infrastruktur jaringan dan jaringan berbasis luas. Pemetaan tujuan pembelajaran dan alur tujuan pembelajaran sebaiknya mengikuti Capaian Pembelajaran serta struktur kurikulum yang berlaku pada masing-masing satuan pendidikan.

3. Rumusan Masalah dan Tujuan

3.1 Rumusan masalah

1. Bagaimana menghadirkan pengalaman belajar redundansi jaringan yang mendalam ketika perangkat nyata terbatas dan praktik berisiko?
2. Bagaimana membuat proses protokol yang tidak kasatmata dapat diamati, diuji, dan direfleksikan oleh peserta didik?
3. Bagaimana menyediakan umpan balik dan asesmen yang cepat, adil, dan dapat diulang tanpa menambah beban administrasi guru?

3.2 Tujuan

1. Menyediakan lingkungan praktik virtual yang aman, luring, ringan, dan mudah dibagikan.
2. Memperkuat pemahaman konseptual dan keterampilan pemecahan masalah peserta didik pada STP/RSTP, VLAN dan *trunk*, DHCP, ACL, LACP, dan VRRP.
3. Mendukung penerapan prinsip, pengalaman belajar, dan Dimensi Profil Lulusan dalam Pembelajaran Mendalam.
4. Menjadi jembatan persiapan peserta didik sebelum berlatih pada perangkat nyata dan sebelum mengikuti LKS.

4. Gagasan Inovasi: KOKOH NetLab

4.1 Gambaran umum

KOKOH NetLab adalah aplikasi simulasi dalam satu berkas HTML berukuran sekitar 90 KB. Aplikasi dibuka langsung di peramban, tanpa instalasi, tanpa akun, dan tanpa internet. Tidak ada data peserta didik yang dikirim keluar; skor dan nama hanya tersimpan di peramban masing-masing. Karena ringan, berkas dapat dibagikan melalui *flash disk*, pesan singkat, atau jaringan lokal sekolah.

Nama KOKOH dipilih agar mudah diingat dan mengandung pesan belajar: jaringan yang baik adalah jaringan yang kokoh, tidak roboh saat satu jalurnya putus.

> **Slogan**
>
> *Putus kabel, jaringan tetap hidup.*

4.2 Fitur yang mendukung pembelajaran

Fitur	Penjelasan
Topologi interaktif	Empat switch, satu PC, dan satu server. Peserta didik dapat memutus dan menyambung kabel, memilih mode STP atau RSTP, mengubah *bridge priority*, dan mengirim *broadcast* ARP. Tanpa STP, peserta didik dapat melihat sendiri badai *broadcast*, lonjakan beban CPU, dan *MAC flapping*.
Protokol dijalankan, bukan hanya digambar	Pertukaran BPDU, *root port*, *designated port*, *alternate port*, tahap Listening dan Learning, serta *max-age* dihitung oleh simulator, bukan animasi tetap.
PVST dan VLAN	Dua instance STP, *trunk* 802.1Q, *native VLAN*, VLAN yang diizinkan, negosiasi DTP, port akses, dan basis data VLAN. Peserta didik dapat membandingkan kondisi port pada VLAN 10 dan VLAN 20.
Layanan jaringan	Routing antar-VLAN lewat SVI, DHCP (proses DORA), DHCP *snooping* dan server *rogue*, serta ACL dengan urutan aturan yang dapat diubah dan penghitung *hit*.
LACP	Mode active, passive, dan on; kebijakan *hash*; laju LACPDU; kapasitas *port-channel*; dan efek polarisasi *hash*.
VRRP	Pemilihan Master, *preempt*, *tracking* uplink, Master Down Timer, serta perbandingan hasil ping saat *failover*.
Konsol CLI	Keluaran perintah *show* bergaya Cisco IOS yang dihitung dari keadaan simulator, sehingga peserta didik terbiasa membaca keluaran perangkat nyata.
Syslog dan ping langsung	Setiap kejadian tercatat sebagai umpan balik yang dapat dianalisis untuk mencari akar masalah.
Tantangan dan remediasi	Enam belas tugas bergaya LKS dinilai otomatis dengan skor 0 sampai 100, disertai petunjuk bertahap, peta penguasaan per topik, dan rekomendasi langkah berikutnya. Peserta didik juga dapat mencetak sertifikat latihan.

4.3 Prinsip rancangan

Prinsip	Makna
Luring penuh	Tidak ada pustaka, huruf, atau gambar yang dimuat dari internet.
Aman untuk salah	Kesalahan menjadi bahan belajar, bukan bahaya bagi perangkat.
Ringan dan inklusif	Berjalan di laptop sederhana maupun telepon genggam, dengan tampilan yang menyesuaikan layar dan mode terang atau gelap.
Transparan	Setiap hasil dapat ditelusuri dari log dan tabel port, sehingga peserta didik belajar bernalar, bukan menebak.

4.4 Batasan yang perlu disadari

Catatan penting

Simulator ini adalah **alat bantu belajar, bukan pengganti** praktik pada perangkat nyata. Beberapa hal disederhanakan: biaya jalur dibuat seragam; penanganan *topology change* dan sinkronisasi RSTP tidak dimodelkan penuh; basis data VLAN dimodelkan lokal tanpa VTP; serta DHCP dan ACL dimodelkan secara terbatas (tanpa *lease time*, *relay*, atau ACL arah keluar). Keterbatasan ini kami nyatakan secara terbuka di dalam aplikasi agar peserta didik tidak salah mengira simulasi sebagai realita seutuhnya.

5. Keselarasan dengan Pembelajaran Mendalam

5.1 Tiga prinsip

Prinsip	Wujud dalam pembelajaran
Berkesadaran	Peserta didik didorong sadar akan tujuan belajar dan akibat setiap tindakannya. Setelah memutus kabel, mereka diminta memprediksi terlebih dahulu apa yang akan terjadi, lalu mencocokkannya dengan log.
Bermakna	Skenario dikaitkan dengan situasi kerja nyata: gedung yang kehilangan satu jalur, gateway yang mati, atau server DHCP palsu di jaringan kantor.
Menggembirakan	Tantangan bergaya permainan, skor, bilah kemajuan, dan sertifikat latihan menumbuhkan rasa ingin mencoba tanpa takut salah.

5.2 Dimensi Profil Lulusan yang dikuatkan

Dimensi	Bentuk penguatan
Penalaran kritis	Menganalisis syslog, menelusuri akar masalah, dan memperbaiki konfigurasi yang sengaja dirusak.
Kolaborasi	Bekerja berpasangan atau berkelompok, berbagi peran sebagai operator, pencatat, dan penganalisis.
Komunikasi	Menjelaskan temuan dan keputusan teknis secara lisan dan tertulis.
Kemandirian	Mengatur laju belajar sendiri melalui petunjuk bertahap dan peta remediasi.
Kreativitas	Merancang skenario gangguan dan solusi alternatif.
Kewargaan dan keimanan	Menumbuhkan sikap jujur, teliti, bertanggung jawab, dan beretika dalam mengelola infrastruktur yang dipercayakan, serta bersyukur atas ilmu yang dipelajari.
Kesehatan	Membiasakan praktik yang sabar, tidak tergesa, dan mengelola waktu layar secara wajar.

Tidak semua dimensi perlu dikuatkan sekaligus. Guru dapat memilih dua atau tiga dimensi yang paling relevan pada setiap pertemuan.

5.3 Empat kerangka Pembelajaran Mendalam

Kerangka	Penerapan
Praktik pedagogis	Pembelajaran berbasis masalah (*troubleshooting*), berbasis proyek (merancang topologi tangguh), dan inkuiri (prediksi, uji, simpulkan).
Lingkungan pembelajaran	Memadukan ruang fisik (laboratorium atau kelas), ruang virtual (simulator dan LMS), dan budaya belajar yang menghargai kesalahan sebagai bagian dari proses.
Kemitraan pembelajaran	Guru sejawat, alumni, praktisi jaringan, atau mitra dunia usaha sebagai narasumber dan penguji skenario.
Pemanfaatan digital	Simulator luring untuk eksperimen, LMS untuk tugas dan refleksi, serta berkas yang mudah dibagikan.

Selain itu, pemanfaatan simulator ini beririsan dengan semangat penguatan koding dan literasi digital, karena peserta didik belajar membaca logika sistem, menguji hipotesis, dan menelusuri kesalahan secara sistematis.

6. Rancangan Pembelajaran (Contoh)

6.1 Identifikasi

Komponen	Uraian
Mata pelajaran	Produktif TKJ (disesuaikan dengan struktur kurikulum satuan pendidikan).
Fase dan kelas	Fase F, kelas XII.
Alokasi waktu	Empat pertemuan, masing-masing sekitar 3 sampai 4 jam pelajaran.
Topik	Redundansi jaringan: STP/RSTP dan PVST, VLAN dan layanan jaringan, LACP, serta VRRP.
Tujuan pembelajaran (contoh)	Peserta didik mampu menganalisis dan memecahkan masalah redundansi pada jaringan layer 2 dan layer 3 melalui simulasi, menjelaskan alasan teknis setiap keputusannya, serta merefleksikan kesalahan dan perbaikannya.
Praktik pedagogis	Berbasis masalah dan inkuiri, dengan kerja berpasangan.
Kemitraan	Guru sejawat dan praktisi jaringan sebagai tamu atau pengulas.
Lingkungan	Laboratorium atau kelas dengan laptop dan telepon genggam; berkas simulator dibagikan secara luring.
Pemanfaatan digital	KOKOH NetLab dan LMS sekolah (bila ada) untuk pengumpulan refleksi.

6.2 Pertemuan 1: Jaringan yang tidak boleh berputar (STP, RSTP, PVST)

Tahap	Kegiatan
Awal (bermakna, menggembirakan)	Guru menyajikan kasus singkat, misalnya satu kabel tambahan yang dipasang tanpa sengaja hingga seluruh jaringan melambat. Peserta didik menebak penyebabnya.
Memahami (berkesadaran)	Peserta didik mengamati kondisi awal, mengidentifikasi *root bridge*, *root port*, *designated port*, dan *alternate port*, lalu menuliskan prediksi.
Mengaplikasi	Peserta didik mematikan STP dan mengirim *broadcast* untuk melihat badai, menyalakannya kembali, membandingkan STP dengan RSTP, memutus kabel, dan menyelesaikan tantangan *root bridge* dan PVST.
Merefleksi	Peserta didik membandingkan prediksi dan hasil, lalu menuliskan satu konsep yang semula keliru dipahami.

6.3 Pertemuan 2: VLAN, trunk, DHCP, dan ACL

Tahap	Kegiatan
Awal	Guru menanyakan mengapa dua komputer di ruang yang sama bisa tidak saling berhubungan.
Memahami	Peserta didik menelaah port akses, *trunk* 802.1Q, *native VLAN*, dan DTP melalui tabel port dan konsol CLI.
Mengaplikasi	Peserta didik memperbaiki gangguan *trunk* yang disuntikkan, mengaktifkan routing antar-VLAN, menguji DHCP dengan dan tanpa server *rogue*, serta memperbaiki urutan aturan ACL.
Merefleksi	Peserta didik menulis catatan akar masalah: apa gejalanya, bukti di log, dan perbaikannya.

6.4 Pertemuan 3: Menambah kapasitas dan menjaga gateway (LACP dan VRRP)

Tahap	Kegiatan
Awal	Diskusi singkat tentang apa yang terjadi bila gateway sekolah mati saat ujian daring.
Memahami	Peserta didik mengubah mode LACP, *hash*, dan laju LACPDU, serta mengamati status *port-channel* dan trafik terbuang.
Mengaplikasi	Peserta didik menjalankan *failover* VRRP dengan dan tanpa *tracking*, lalu membandingkan jumlah ping yang hilang.
Merefleksi	Peserta didik menjelaskan, dengan bahasa sendiri, mengapa *tracking* menentukan keberhasilan *failover*.

6.5 Pertemuan 4: Tantangan, presentasi, dan refleksi

Tahap	Kegiatan
Awal	Peserta didik menyusun strategi berpasangan untuk menuntaskan tantangan yang tersisa.
Memahami dan mengaplikasi	Peserta didik menuntaskan tantangan berdasarkan peta remediasi, lalu merancang satu skenario gangguan untuk diuji pasangan lain.
Merefleksi	Presentasi singkat hasil dan pelajaran, serta pengisian lembar refleksi (Lampiran A).

6.6 Diferensiasi dan pendampingan

Aspek	Strategi
Konten	Petunjuk bertahap tersedia bagi yang memerlukan; tantangan lanjutan (misalnya PVST tahan putus kabel dan ACL) bagi yang sudah cepat.
Proses	Kerja berpasangan agar satu laptop dapat dipakai dua orang; peserta didik yang lebih paham menjadi tutor sebaya dengan arahan agar tidak memberi jawaban langsung.
Produk	Peserta didik dapat memilih menyajikan hasil melalui catatan analisis, presentasi lisan, atau demonstrasi.
Dukungan emosional	Guru menegaskan bahwa kesalahan di simulator adalah bagian dari belajar.

7. Asesmen

Asesmen dirancang untuk memperbaiki proses, bukan sekadar memberi nilai.

Jenis asesmen	Bentuk
Diagnostik	Beberapa pertanyaan prediksi di awal (misalnya apa yang terjadi bila satu kabel dicabut) untuk mengetahui pemahaman awal.
Formatif	Log dan tabel port sebagai bukti proses; peta penguasaan per topik; umpan balik guru pada catatan analisis. Penguasaan per topik ditampilkan sebagai *Kuasai*, *Perlu penguatan*, atau *Remedial*.
Sumatif	(1) Skor tantangan simulator sebagai salah satu komponen; (2) tugas praktik pada perangkat nyata atau emulator yang tersedia di sekolah; dan (3) catatan refleksi.

Rubrik ringkas

Rubrik menggunakan empat tingkat: **Mahir, Cakap, Berkembang,** dan **Perlu bimbingan**, pada empat aspek berikut.

Aspek	Indikator
Ketepatan teknis	Hasil konfigurasi dan analisis sesuai tujuan.
Penalaran	Alasan didukung bukti dari log dan tabel.
Kolaborasi dan komunikasi	Peran jelas dan penjelasan runtut.
Refleksi	Kesalahan diakui, penyebab dianalisis, dan rencana perbaikan konkret.

> **Catatan bagi guru**
>
> Skor otomatis dalam simulator sebaiknya dipandang sebagai satu data pendukung. Keputusan penilaian akhir tetap berada pada pertimbangan profesional guru.

8. Realita Implementasi dan Strategi Mitigasi

Tantangan	Strategi mitigasi
Perangkat terbatas	Gunakan kerja berpasangan dan telepon genggam sebagai pendamping. Simulator dapat dibagikan lewat *flash disk* atau pesan singkat.
Listrik dan internet tidak stabil	Aplikasi berjalan luring dan ringan, sehingga tidak bergantung pada kuota.
Kemampuan awal beragam	Sediakan petunjuk bertahap dan peta remediasi; beri kesempatan mengulang.
Waktu guru terbatas	Penilaian dan log otomatis mengurangi beban memeriksa pekerjaan satu per satu. Waktu guru dapat dialihkan untuk mendampingi.
Salah paham bahwa simulasi sama dengan realita	Setiap pembelajaran ditutup dengan praktik atau diskusi yang menghubungkan simulasi dengan perangkat nyata, serta penegasan batasan simulator.
Perbedaan perangkat dan peramban	Uji berkas pada beberapa perangkat sebelum dipakai di kelas, dan siapkan rencana cadangan.
Keamanan data	Tidak ada data yang dikirim keluar; nama peserta didik hanya tersimpan di peramban masing-masing dan dapat dihapus melalui tombol reset.

9. Rencana Evaluasi dan Indikator Keberhasilan

Naskah ini belum menyajikan klaim hasil, karena penulis ingin menjaga kejujuran data. Evaluasi direncanakan sebagai berikut; kolom hasil akan diisi setelah uji coba dilaksanakan.

Indikator	Cara pengukuran	Hasil
Pemahaman	Selisih hasil tes prediksi sebelum dan sesudah pembelajaran.	(diisi setelah uji coba)
Keterampilan	Persentase peserta didik yang menuntaskan tantangan inti dan rata-rata skor simulator.	(diisi)

Indikator	Cara pengukuran	Hasil
Keterlibatan	Pengamatan guru terhadap keaktifan, kolaborasi, dan keberanian mencoba.	(diisi)
Refleksi	Kualitas catatan refleksi menurut rubrik.	(diisi)
Kebermanfaatan	Angket kesan peserta didik dan masukan guru sejawat.	(diisi)
Transfer	Kemampuan menerapkan konsep pada perangkat nyata atau latihan LKS.	(diisi)

Data dikumpulkan melalui observasi, dokumentasi log atau skor, angket, dan catatan refleksi. Hasilnya akan menjadi bahan perbaikan pada siklus berikutnya.

10. Keterbatasan dan Rencana Pengembangan

- Simulator belum memodelkan semua perilaku perangkat nyata. Kesenjangan ini ditutup dengan praktik pada perangkat nyata atau emulator.
- Belum ada kajian efektivitas berskala luas. Uji coba terbatas dan masukan sejawat sangat diperlukan.
- Rencana pengembangan: materi routing dinamis dan keamanan layer 2, skenario berbasis kasus industri, panduan guru yang lebih lengkap, serta penyempurnaan aksesibilitas bagi peserta didik dengan kebutuhan khusus.
- Pengembangan dilakukan secara bertahap dan terbuka terhadap saran para guru dan praktisi.

11. Penutup

Teknologi hanyalah sarana. Yang menentukan mutu pembelajaran tetaplah kehadiran guru yang mendampingi, pertanyaan yang memantik nalar, dan suasana kelas yang membuat peserta didik berani mencoba serta belajar dari kesalahan. KOKOH NetLab diharapkan menjadi satu dari sekian cara untuk menyiapkan ruang itu, terutama bagi sekolah yang menghadapi keterbatasan perangkat.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada rekan guru, peserta didik, dan seluruh pihak yang telah memberi dukungan dan masukan. Semoga ikhtiar kecil ini bermanfaat dan menjadi amal kebaikan bagi dunia pendidikan kita.

Daftar Rujukan

1. Kemendikdasmen. (2025). *Pembelajaran Mendalam* (panduan dan materi pendampingan implementasi). Jakarta: Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah.

2. Koesumawardani, N. W. (2025, 18 Juli). Kemendikdasmen: Tak ada kurikulum baru, K13 dan Kurikulum Merdeka masih berlaku. *detikEdu*. https://www.detik.com/edu/sekolah/d-8018159/kemendikdasmen-tak-ada-kurikulum-baru-k13-dan-kurikulum-merdeka-masih-berlaku

3. Kinarina Kaban, H. D. (2026, 9 Juli). Kemendikdasmen perkuat implementasi deep learning dengan koding AI. *ANTARA*. https://m.antaranews.com/amp/berita/5642883/kemendikdasmen-perkuat-implementasi-deep-learning-dengan-koding-ai

4. Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan. *Capaian Pembelajaran SMK/MAK Fase F*. https://kurikulum.kemdikbud.go.id

Catatan: mohon verifikasi rujukan dan nomor regulasi terbaru pada laman resmi Kemendikdasmen sebelum naskah diajukan atau dipublikasikan.

Lampiran A: Lembar Refleksi Peserta Didik

Nama: _____ Kelas: _____ Tanggal: _____

1. Apa prediksi saya sebelum mencoba, dan apa yang sebenarnya terjadi?

2. Kesalahan apa yang paling banyak mengajarkan saya hari ini, dan mengapa?

3. Bukti apa dari log atau tabel yang meyakinkan saya tentang penyebab masalah?

4. Bagian mana yang masih membingungkan, dan bantuan apa yang saya perlukan?

5. Bagaimana konsep hari ini akan saya terapkan pada perangkat nyata atau dunia kerja?

6. Apa yang dapat saya lakukan agar teman satu tim juga paham?

Lampiran B: Panduan Singkat bagi Guru

1. Bagikan berkas simulator dan uji di beberapa perangkat sebelum kelas dimulai.
2. Mulai dengan kasus atau pertanyaan pemantik, bukan dengan penjelasan panjang.
3. Minta peserta didik menulis prediksi sebelum setiap percobaan.
4. Dorong penggunaan log dan konsol CLI sebagai bukti, bukan menebak.
5. Gunakan peta remediasi untuk mengarahkan pendampingan pada topik yang lemah.
6. Tutup setiap pertemuan dengan refleksi dan penghubung ke perangkat nyata.
7. Ingatkan bahwa simulator adalah alat bantu belajar dan bukan pengganti praktik nyata.