NASKAH INOVASI PEMBELAJARAN

NetBalance Lab

Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Simulasi
untuk Penguatan Pembelajaran Mendalam
pada Topik PCC Load Balancing dan Queue Tree

Mata Pelajaran Produktif Teknik Komputer dan Jaringan | Fase F | Kurikulum Merdeka

Disusun oleh

Aliyudin

Guru Mata Pelajaran Produktif TKJ

SMKS Ciledug Al Musaddadiyah, Kabupaten Garut

2026

PENGANTAR

Kata Pengantar

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT. Atas rahmat dan karunia-Nya, naskah sederhana ini dapat tersusun. Naskah ini memaparkan sebuah gagasan kecil yang lahir dari keseharian di ruang kelas dan laboratorium jaringan, yaitu **NetBalance Lab**, sebuah media pembelajaran interaktif yang dapat dijalankan dari peramban tanpa koneksi internet.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa gagasan ini masih jauh dari sempurna. Ia tumbuh dari keterbatasan yang nyata: perangkat router yang tidak selalu tersedia bagi setiap peserta didik, waktu tatap muka yang terbatas, dan keinginan agar konsep yang abstrak dapat dilihat, diubah, dan dipahami dengan tenang. Penulis tidak bermaksud menawarkan satu-satunya jalan. Naskah ini hanyalah ikhtiar untuk berbagi, dan terbuka untuk dikoreksi.

Penulis menyampaikan terima kasih kepada kepala sekolah, rekan sejawat, dan para peserta didik yang menjadi alasan utama kami terus belajar. Kritik dan saran dari para pembaca, khususnya sesama pendidik dan para pakar, akan sangat berarti bagi penyempurnaan karya ini.

Garut, 2026

Aliyudin
Guru Mata Pelajaran Produktif TKJ

DAFTAR ISI

Daftar Isi

Kata Pengantar 2

Pendahuluan 4

A. Latar Belakang 4

B. Identifikasi Masalah 4

C. Tujuan Inovasi 4

D. Manfaat 5

Kajian dan Landasan Pemikiran 6

A. Kurikulum Merdeka dan Pembelajaran Mendalam 6

B. Dimensi Profil Lulusan 6

C. Landasan Teknis Singkat 6

D. Landasan Pedagogis Pendukung 7

Gagasan Inovasi 8

A. Gambaran Umum 8

B. Fitur dan Kontribusi Pedagogis 8

C. Prinsip Rancangan 8

D. Batasan yang Perlu Diakui 9

Rancangan Implementasi 10

A. Keterkaitan dengan Capaian Pembelajaran 10

B. Contoh Skenario Pembelajaran 10

C. Asesmen 10

D. Diferensiasi dan Inklusivitas 11

E. Keterkaitan dengan Kegiatan Kokurikuler dan Dunia Kerja 11

Evaluasi dan Rencana Pengembangan 12

A. Cara Menilai Keberhasilan 12

B. Rencana Uji Coba 12

C. Arah Pengembangan Berikutnya 12

D. Refleksi 12

Penutup 14

Daftar Pustaka 15

BAB I

Pendahuluan

A. Latar Belakang

Pendidikan Indonesia sedang bergerak dalam dinamika yang tidak sederhana. Di satu sisi, arah kebijakan mendorong pembelajaran yang berpusat pada peserta didik, kontekstual, dan bermakna. Di sisi lain, kenyataan di lapangan sangat beragam: ketersediaan perangkat, kualitas jaringan, kesiapan pendidik, dan beban administrasi berbeda dari satu satuan pendidikan ke satuan pendidikan lain. Inovasi pembelajaran yang baik, menurut hemat penulis, adalah inovasi yang tetap dapat dijalankan di tengah keberagaman kondisi tersebut.

Dalam kerangka kebijakan nasional, Kemendikdasmen menegaskan bahwa tidak ada kurikulum baru. Kurikulum Merdeka tetap menjadi kerangka yang berlaku, sementara penguatan mutu diarahkan melalui pendekatan **Pembelajaran Mendalam** (*deep learning*) yang menekankan pembelajaran berkesadaran, bermakna, dan menggembirakan. Pendekatan ini bukan pengganti kurikulum, melainkan cara memperdalam proses belajar di dalam kurikulum yang sudah ada.

Pada mata pelajaran produktif Teknik Komputer dan Jaringan (TKJ), tantangan itu terasa nyata. Topik *load balancing* dengan metode PCC (*Per Connection Classifier*) dan pengaturan bandwidth dengan Queue Tree pada MikroTik RouterOS menuntut pemahaman konseptual yang kuat. Peserta didik perlu melihat bagaimana sebuah koneksi dibagi ke beberapa ISP, apa yang terjadi saat salah satu ISP putus, dan mengapa prioritas layanan baru terasa ketika jaringan padat. Konsep seperti ini sulit dipahami hanya melalui ceramah dan gambar statis.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan pengamatan penulis dalam praktik mengajar, beberapa persoalan berikut kerap dijumpai:

- Jumlah perangkat router dan jalur ISP di laboratorium terbatas, sehingga peserta didik sering bergantian dan waktu bereksperimen menjadi singkat.
- Kegagalan jalur ISP, kepadatan trafik, dan lonjakan beban sulit dan berisiko bila dipraktikkan pada jaringan nyata.
- Hasil konfigurasi yang keliru pada jaringan produksi dapat mengganggu pengguna lain, sehingga peserta didik cenderung ragu mencoba.
- Konsep yang bersifat dinamis (hash koneksi, antrean, prioritas) lebih mudah disalahpahami bila hanya disajikan sebagai teks dan diagram diam.
- Tidak semua peserta didik dan sekolah memiliki koneksi internet yang stabil, sehingga media daring tidak selalu menjadi solusi.

C. Tujuan Inovasi

1. Menyediakan ruang eksperimen yang aman, murah, dan dapat diulang agar peserta didik berani mencoba dan berani keliru.
2. Membantu peserta didik membangun pemahaman konsep PCC dan Queue Tree melalui pengamatan langsung, bukan hafalan.
3. Mendukung pendidik menerapkan alur Pembelajaran Mendalam: memahami, mengaplikasi, dan merefleksi.
4. Menyediakan media yang dapat dipakai tanpa internet sehingga lebih inklusif bagi satuan pendidikan dengan keterbatasan infrastruktur.

D. Manfaat

Bagi peserta didik, media ini diharapkan menjadi teman belajar yang sabar. Bagi pendidik, ia dapat menjadi alat bantu demonstrasi dan asesmen formatif. Bagi satuan pendidikan, ia merupakan contoh bahwa inovasi dapat dimulai dari hal yang sederhana, murah, dan sesuai konteks. Penulis juga berharap karya ini dapat dikembangkan dan disempurnakan bersama oleh sesama pendidik.

BAB II

Kajian dan Landasan Pemikiran

A. Kurikulum Merdeka dan Pembelajaran Mendalam

Kurikulum Merdeka memberi ruang bagi satuan pendidikan dan pendidik untuk merancang pembelajaran yang fleksibel dan sesuai karakteristik peserta didik. Pada pendidikan vokasi, fleksibilitas ini berpadu dengan kebutuhan kompetensi dunia kerja. Pendekatan Pembelajaran Mendalam yang digaungkan Kemendikdasmen memperkuat arah tersebut melalui tiga prinsip yang saling melengkapi:

Prinsip	Makna dalam pembelajaran	Wujud pada NetBalance Lab
Berkesadaran (*mindful*)	Peserta didik sadar akan tujuan belajar dan mengatur proses belajarnya sendiri.	Panduan alur belajar, penanda halaman yang telah dibuka, dan tips singkat di setiap halaman.
Bermakna (*meaningful*)	Materi terhubung dengan konteks nyata dan pengalaman peserta didik.	Skenario kantor, warnet gaming, dan rumah; nama situs dan layanan yang dikenal sehari-hari.
Menggembirakan (*joyful*)	Suasana belajar aman, menyenangkan, dan mendorong rasa ingin tahu.	Eksperimen tanpa risiko, tampilan visual yang ramah, kuis tanpa menghakimi, dan remediasi yang menenangkan.

Pembelajaran Mendalam juga lazim dipahami melalui alur pengalaman belajar: **memahami** konsep, **mengaplikasi** pengetahuan dalam situasi nyata, dan **merefleksi** hasil belajar. Ketiganya menjadi tulang punggung rancangan implementasi pada Bab IV.

B. Dimensi Profil Lulusan

Kemendikdasmen merumuskan dimensi profil lulusan sebagai gambaran kualitas yang diharapkan tumbuh pada peserta didik, antara lain penalaran kritis, kreativitas, kolaborasi, kemandirian, dan komunikasi. Dalam konteks NetBalance Lab, penalaran kritis tumbuh saat peserta didik menganalisis mengapa ISP tertentu penuh; kreativitas saat mereka merancang rasio dan prioritas yang paling sesuai; kolaborasi saat bekerja berpasangan membandingkan hasil; kemandirian saat mereka menjelajah materi dengan kecepatan sendiri; dan komunikasi saat mempresentasikan temuan.

C. Landasan Teknis Singkat

PCC (Per Connection Classifier) adalah metode pada MikroTik RouterOS yang membagi koneksi baru ke beberapa jalur ISP berdasarkan nilai hash dari bagian paket (alamat dan/atau port). Karena keputusan diambil per koneksi, satu koneksi konsisten berada di satu ISP. Yang dibagi adalah jumlah koneksi, bukan kecepatan.

Queue Tree mengatur pembagian bandwidth berdasarkan penanda paket (*packet-mark*) dari mangle. Parameter *limit-at* menjamin jatah minimum, *max-limit* membatasi batas atas, dan *priority* menentukan urutan memperoleh sisa bandwidth. Efeknya baru terasa ketika permintaan melampaui kapasitas.

D. Landasan Pedagogis Pendukung

- **Pembelajaran multimedia.** Penyajian kata dan visual interaktif secara bersamaan dapat membantu pembentukan model mental (Mayer, 2009).
- **Pembelajaran berdiferensiasi.** Peserta didik dapat bergerak dengan kecepatan dan kedalaman yang berbeda (Tomlinson, 2014).
- **Pembelajaran mendalam.** Pemahaman bermakna tumbuh dari keterlibatan aktif dan kesempatan berefleksi (Fullan, Quinn, & McEachen, 2018).

BAB III

Gagasan Inovasi

A. Gambaran Umum

NetBalance Lab adalah media pembelajaran interaktif yang dikemas dalam satu berkas HTML. Peserta didik cukup membukanya pada peramban di laptop, komputer laboratorium, atau telepon pintar. Tidak diperlukan instalasi, akun, ataupun koneksi internet. Seluruh perhitungan berjalan di perangkat peserta didik dan tidak ada data yang dikirim ke mana pun.

Media ini terdiri atas dua topik inti dan 13 halaman belajar: Panduan, lima halaman PCC (konsep, simulasi, beban ISP, log koneksi, script), empat halaman Queue Tree (konsep, simulasi, anak antrean, script), serta FAQ, kuis, dan remediasi.

B. Fitur dan Kontribusi Pedagogis

Fitur	Penjelasan	Kontribusi pada pembelajaran
Simulasi PCC	Klien di LAN membuat koneksi baru yang dibagi ke 2 sampai 4 ISP menurut rasio dan classifier yang dipilih.	Peserta didik melihat langsung hubungan antara hash, sisa bagi, dan pilihan ISP.
Failover bertahap	Saat ISP dimatikan, koneksi pada jalur itu tersendat beberapa detik sebelum *check-gateway* memindahkannya.	Menumbuhkan pemahaman bahwa pemulihan jaringan tidak seketika.
Pengukuran per ISP	Throughput, ping, packet loss, dan grafik riwayat 45 detik per ISP.	Melatih membaca data dan menarik kesimpulan.
Simulasi Queue Tree	Total bandwidth dibagi ke lima kelas layanan dengan *priority*, *limit-at*, dan *max-limit* yang dapat diubah.	Memperlihatkan mengapa prioritas baru terasa saat jaringan padat.
Mode pembanding	Perbandingan Queue Tree dengan kondisi tanpa antrean, termasuk lonjakan ping akibat buffer yang menggembung.	Mendorong eksperimen sebab-akibat yang bermakna.
Script RouterOS	Script mangle, route, NAT, dan Queue Tree yang berubah mengikuti pengaturan simulasi.	Menjembatani simulasi dengan praktik pada perangkat nyata.
Kuis dan remediasi	Lima soal, umpan balik langsung, dan tautan kembali ke materi yang perlu diulang.	Mendukung asesmen formatif dan penguatan mandiri.

C. Prinsip Rancangan

1. **Aman untuk salah.** Tidak ada konsekuensi nyata sehingga peserta didik leluasa bereksperimen.
2. **Dapat dijalankan di mana saja.** Satu berkas, tanpa internet, dan berjalan di berbagai perangkat modern.

3. **Realistis namun tidak menyesatkan.** Model dibuat mendekati perilaku nyata (kenaikan laju bertahap, antrean, lonjakan trafik), dengan catatan jujur bahwa simulator tetap penyederhanaan.
4. **Ramah dan menenangkan.** Bahasa dan tampilan dirancang agar peserta didik tidak merasa dihakimi.

D. Batasan yang Perlu Diakui

Penulis memandang penting untuk menyampaikan batasan secara terbuka. Simulator memakai fungsi hash sederhana, sehingga urutan ISP per koneksi dapat berbeda dari router sungguhan. Angka ping dan packet loss dihasilkan dari model sederhana, bukan hasil pengukuran jaringan nyata. Karena itu, media ini tidak dimaksudkan menggantikan praktik pada perangkat sebenarnya, melainkan mempersiapkan peserta didik agar lebih percaya diri dan paham sebelum melangkah ke praktik.

BAB IV

Rancangan Implementasi

A. Keterkaitan dengan Capaian Pembelajaran

Media ini diarahkan untuk mendukung capaian pembelajaran pada fase F mata pelajaran produktif TKJ yang berkaitan dengan administrasi infrastruktur dan layanan jaringan. Rumusan tujuan pembelajaran dan alur tujuan pembelajaran (ATP) tentu perlu disesuaikan dengan dokumen capaian pembelajaran yang berlaku dan dengan kebijakan satuan pendidikan masing-masing.

B. Contoh Skenario Pembelajaran

Berikut contoh alur tiga pertemuan yang dapat dimodifikasi sesuai kebutuhan kelas. Alur ini mengikuti pengalaman belajar memahami, mengaplikasi, dan merefleksi.

Pertemuan	Pengalaman belajar	Aktivitas utama	Halaman NetBalance
1. PCC	**Memahami** Mengaplikasi	Pemantik: mengapa satu unduhan tidak menjadi dua kali lebih cepat? Peserta didik membaca konsep, lalu mengubah rasio dan classifier dan mencatat pengamatan berpasangan.	Konsep Dasar, Simulasi, Beban ISP, Log Koneksi
2. Queue Tree	**Memahami** Mengaplikasi	Peserta didik membandingkan mode Queue Tree dan tanpa antrean pada skenario warnet gaming, lalu menyesuaikan priority dan limit-at agar meeting tetap lancar.	Konsep Dasar, Simulasi, Anak Antrian
3. Integrasi dan refleksi	**Mengaplikasi** Merefleksi	Peserta didik menyusun skenario jaringan sekolah, membaca script RouterOS, mengerjakan kuis, mempresentasikan temuan, dan menulis refleksi singkat.	Script RouterOS, Kuis, Remediasi

C. Asesmen

Asesmen dirancang sebagai bagian dari proses belajar, bukan sekadar penilaian akhir.

- **Diagnostik:** pertanyaan pemantik di awal pertemuan untuk mengenali pemahaman awal.
- **Formatif:** catatan pengamatan peserta didik, diskusi berpasangan, dan kuis dengan umpan balik langsung.
- **Sumatif:** produk berupa analisis hasil simulasi dan rancangan konfigurasi sederhana, dinilai dengan rubrik berikut.

Aspek	Baru berkembang	Cukup	Mahir	Sangat mahir
Pemahaman konsep	Menyebut istilah tanpa kaitan.	Menjelaskan konsep dengan bantuan.	Menjelaskan konsep dengan benar dan runtut.	Menjelaskan dan mengaitkan dengan situasi baru.
Analisis hasil simulasi	Membaca angka tanpa makna.	Menjelaskan satu sebab-akibat.	Menjelaskan beberapa sebab-akibat dengan data.	Memprediksi dan menguji dugaan dengan data.
Penyusunan konfigurasi	Menyalin script apa adanya.	Menyesuaikan sebagian parameter.	Menyesuaikan sesuai kebutuhan jaringan.	Menyesuaikan dan menjustifikasi pilihan.
Refleksi	Belum merefleksi.	Menyebut hal yang dipelajari.	Menyebut kesulitan dan cara mengatasinya.	Merumuskan strategi belajar berikutnya.

D. Diferensiasi dan Inklusivitas

Peserta didik dapat bergerak dengan kecepatan masing-masing. Peserta didik yang membutuhkan penguatan dapat memanfaatkan halaman konsep, istilah kunci, dan remediasi, sedangkan peserta didik yang siap menantang diri dapat mengeksplorasi skenario ekstrem, seperti dua ISP putus bersamaan atau permintaan jauh melampaui kapasitas. Ukuran teks dapat diperbesar dan tema terang atau gelap dapat dipilih. Karena berjalan tanpa internet, media ini juga dapat dipakai pada satuan pendidikan dengan konektivitas terbatas.

E. Keterkaitan dengan Kegiatan Kokurikuler dan Dunia Kerja

Media ini dapat menjadi bahan pendukung kegiatan kokurikuler bertema teknologi dan rekayasa, misalnya proyek merancang jaringan sederhana untuk kantor atau warnet. Keterhubungannya dengan praktik kerja lapangan dan *teaching factory* terletak pada bekal pemahaman yang lebih matang sebelum peserta didik menangani jaringan nyata.

BAB V

Evaluasi dan Rencana Pengembangan

A. Cara Menilai Keberhasilan

Sebagai gagasan yang baru dirancang, penulis belum mengklaim hasil tertentu. Keberhasilan akan ditelaah secara bertahap, antara lain melalui indikator berikut.

Aspek	Indikator	Cara pengumpulan data
Pemahaman	Perbandingan hasil diagnostik awal dan kuis akhir, serta kualitas penjelasan peserta didik.	Kuis, observasi, dan rubrik
Keterlibatan	Keaktifan bereksperimen dan berdiskusi dalam pembelajaran.	Lembar observasi guru
Pengalaman belajar	Rasa aman mencoba, kejelasan materi, dan kenyamanan menggunakan media.	Angket singkat peserta didik
Kebermanfaatan bagi guru	Kemudahan penggunaan dan kesesuaian dengan alur pembelajaran.	Masukan sejawat dan refleksi guru

B. Rencana Uji Coba

Uji coba direncanakan dimulai pada kelas terbatas, kemudian disempurnakan berdasarkan masukan peserta didik dan rekan sejawat. Penulis akan mencatat apa yang berhasil dan apa yang belum, sehingga perbaikan dilakukan berdasarkan bukti dan bukan perkiraan. Penulis juga membuka diri untuk ditelaah oleh pakar pendidikan dan praktisi jaringan.

C. Arah Pengembangan Berikutnya

- Menambah topik lain pada mata pelajaran TKJ, seperti VLAN, routing dinamis, dan keamanan jaringan dasar.
- Menambah bank soal dan skenario studi kasus yang bervariasi dan kontekstual.
- Menyediakan lembar kerja peserta didik dan panduan guru yang dapat dicetak.
- Mengembangkan bersama komunitas guru melalui forum musyawarah guru mata pelajaran (MGMP).

D. Refleksi

> *Teknologi hanyalah alat. Yang terpenting tetap kehadiran guru yang mendengarkan, bertanya, dan menumbuhkan keberanian peserta didik untuk mencoba.*

Penulis menyadari bahwa inovasi sebaik apa pun tidak akan berarti tanpa kehangatan hubungan antara guru dan peserta didik. NetBalance Lab hanya membantu menyediakan ruang yang aman untuk belajar; makna sesungguhnya lahir dari percakapan, rasa ingin tahu, dan keberanian peserta

didik untuk keliru lalu mencoba lagi.

BAB VI

Penutup

NetBalance Lab adalah ikhtiar kecil untuk menjawab kebutuhan nyata di kelas TKJ: ruang eksperimen yang aman, murah, dan dapat dijalankan tanpa internet, yang sejalan dengan semangat Kurikulum Merdeka dan penguatan Pembelajaran Mendalam. Ia dirancang agar peserta didik memahami, mengaplikasi, dan merefleksi, dan agar pendidik memiliki alat bantu yang dapat disesuaikan dengan konteksnya.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan, baik pada rancangan pedagogis, ketepatan model simulasi, maupun kedalaman kajian. Karena itu, penulis dengan tulus mengharapkan kritik, saran, dan koreksi dari para pakar, rekan sejawat, dan pembaca sekalian. Semoga karya sederhana ini dapat bermanfaat dan menjadi sumbangan kecil bagi pendidikan Indonesia.

Wallahu a’lam bish-shawab.

LAMPIRAN

Daftar Pustaka

Fullan, M., Quinn, J., & McEachen, J. (2018). *Deep learning: Engage the world, change the world*. Corwin.

Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah. (2025). *Pembelajaran mendalam* (naskah akademik dan materi sosialisasi). Jakarta: Kemendikdasmen.

Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, Riset, dan Teknologi. (2022). *Kurikulum Merdeka: Paparan kebijakan*. kurikulum.kemdikbud.go.id.

Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2nd ed.). Cambridge University Press.

MikroTik. (n.d.). *RouterOS documentation: Firewall mangle, PCC, and Queue Tree*. help.mikrotik.com.

Tomlinson, C. A. (2014). *The differentiated classroom: Responding to the needs of all learners* (2nd ed.). ASCD.

Catatan: rujukan kebijakan hendaknya dicocokkan kembali dengan dokumen resmi Kemendikdasmen yang paling mutakhir, mengingat regulasi dapat diperbarui.