MODUL AJAR · KURIKULUM MERDEKA · PEMBELAJARAN MENDALAM

Menelusuri Perjalanan Sebuah Paket Data

Pembelajaran jaringan dasar di SMK dengan NetTrace Lab: dari gambaran besar, ke bahasa sehari-hari, hingga ke byte, lalu ke praktik.



DHCP · ARP · DNS · TCP · HTTP

DISUSUN OLEH

Aliyudin

Guru Mata Pelajaran Produktif Teknik Komputer dan Jaringan (TKJ)

SMKS Ciledug Al Musaddadiyah, Garut

Sebuah rancangan yang terbuka untuk disesuaikan dengan konteks kelas masing-masing.

SEBELUM MEMULAI

Sapaan untuk Bapak dan Ibu Guru

Bapak dan Ibu Guru yang saya hormati,

Modul ini ditulis oleh seorang guru, untuk guru. Penulis tahu betul bahwa jam pelajaran kita padat, jumlah komputer di laboratorium sering tidak sebanding dengan jumlah siswa, sinyal kadang hilang di tengah pelajaran, dan listrik sesekali padam. Penulis juga tahu bahwa di kelas yang sama duduk siswa yang sudah terbiasa merakit komputer dan siswa yang baru pertama kali mendengar kata *router*. Karena itu, modul ini tidak mencoba menjadi resep yang harus diikuti persis. Ia lebih mirip peta: ada jalan utama, ada jalan pintas, dan ada jalan memutar bila jalan utama sedang tertutup.

Inti dari modul ini sederhana. Kita mengajak siswa mengikuti perjalanan satu paket data, dari laptop yang belum punya alamat hingga halaman web yang terbuka. Perjalanan itu diceritakan pelan-pelan dengan bantuan **NetTrace Lab**, sebuah simulator satu berkas yang berjalan di peramban tanpa internet dan tanpa instalasi. Siswa melihatnya dulu dalam bahasa sehari-hari, baru kemudian dalam istilah teknis, lalu dalam byte, dan akhirnya mencobanya sendiri di terminal mini serta mendiagnosis gangguan jaringan.

Beberapa hal yang jujur perlu disampaikan

- Modul ini adalah **rancangan yang belum diuji secara luas di kelas**. Susunan pertemuan, alokasi waktu, dan instrumen di dalamnya adalah usulan awal. Ubahlah sesuai kenyataan di kelas Bapak/Ibu.
- NetTrace Lab memakai data paket yang **dirangkai ulang untuk belajar**, bukan tangkapan jaringan sungguhan. Ia pelengkap praktik di laboratorium, bukan penggantinya.
- Rumusan capaian pembelajaran dan kode-kode kurikulum resmi sebaiknya dicocokkan kembali dengan dokumen yang berlaku di sekolah masing-masing.
- Modul ini disusun dengan memperhatikan penyesuaian kurikulum terbaru (Permendikdasmen Nomor 13 Tahun 2025): istilah **Profil Lulusan** dengan delapan dimensi dan pendekatan **pembelajaran mendalam**. Karena kebijakan dapat berkembang, mohon dicek kembali pada sumber resmi Kemendikdasmen.

Jika ada bagian yang kurang pas, itu wajar. Silakan dipangkas, digabung, atau diganti. Satu-satunya hal yang benar-benar penulis harapkan tidak berubah adalah semangatnya: **guru yang sabar bertanya, siswa yang berani mencoba**.

Salam hormat,
Aliyudin

DAFTAR ISI

Isi Modul

Modul dalam Satu Pandangan . . . 5

Pilih jalur sesuai keadaan kelas . . . 5

A. Informasi Umum . . . 6

1. Identitas Modul . . . 6
2. Kompetensi Awal . . . 6
3. Dimensi Profil Lulusan yang Dikuatkan . . . 6
4. Pendekatan Pembelajaran Mendalam . . . 7
5. Sarana dan Prasarana . . . 7
6. Target Peserta Didik . . . 8

B. Komponen Inti . . . 9

1. Tujuan Pembelajaran . . . 9
2. Indikator Ketercapaian . . . 9
3. Pemahaman Bermakna . . . 9
4. Pertanyaan Pemantik . . . 10
5. Persiapan Guru . . . 10
6. Langkah-Langkah Pembelajaran . . . 10

Pertemuan 1: DHCP dan ARP . . . 10

Pertemuan 2: DNS: dari Nama Menjadi Angka . . . 11

Pertemuan 3: TCP dan HTTP . . . 12

Pertemuan 4: Diagnosis Gangguan dan Refleksi . . . 12

C. Asesmen, Diferensiasi, dan Refleksi . . . 14

1. Rancangan Asesmen . . . 14
2. Rubrik Penilaian Diagnosis . . . 14
3. Diferensiasi . . . 15
4. Pengayaan dan Remedial . . . 15
5. Antisipasi Tantangan . . . 15
6. Peluang Kegiatan Kokurikuler . . . 16
7. Refleksi . . . 16

Lampiran 1. Lembar Kerja Peserta Didik 17

LKPD 1. DHCP dan ARP 17

LKPD 2. DNS 17

LKPD 3. TCP dan HTTP 18

LKPD 4. Diagnosis Gangguan 18

Lampiran 2. Soal Awal dan Soal Akhir 19

Kunci dan Pembahasan Singkat 20

Lampiran 3. Lembar Observasi Keterampilan 21

Lampiran 4. Angket Pengalaman Belajar 21

Lampiran 5. Glosarium Bahasa Sehari-hari 23

Lampiran 6. Permainan Peran “Kartu Paket” 24

Peran 24

Alur satu putaran (sekitar 20 menit) 24

Lampiran 7. Ringkasan Cerita Paket untuk Guru 24

Penutup dan Daftar Pustaka 25

Daftar Pustaka 26

PETA CEPAT

Modul dalam Satu Pandangan

Halaman ini dibuat untuk Bapak/Ibu yang hanya punya lima menit sebelum masuk kelas.

Pertemuan	Pertanyaan besar	Fitur NetTrace Lab	Produk belajar
1 DHCP dan ARP	Bagaimana laptop yang baru tersambung mendapat alamat dan menemukan tetangganya?	Skenario DHCP dan ARP, status laptop, terminal (misi 1 sampai 3)	Penjelasan DORA dengan kata sendiri; skor latihan
2 DNS	Bagaimana sebuah nama situs berubah menjadi angka?	Skenario DNS, nslookup, ping ke IP dan ke nama (misi 4 dan 5)	Tabel perbandingan ping IP dan ping nama
3 TCP dan HTTP	Mengapa dua perangkat perlu “berjabat tangan” sebelum bertukar data?	TCP Handshake, Alur Lengkap 15 paket, Mode Ahli, tracert (misi 6)	Diagram tiga langkah TCP buatan siswa
4 Diagnosis dan refleksi	Dari bukti apa kita tahu penyebab gangguan?	Enam kasus troubleshooting, hasil dan rekap guru	Laporan diagnosis; kode atau file hasil

Pilih jalur sesuai keadaan kelas

Tidak ada satu keadaan kelas yang “standar”. Empat jalur berikut mencakup situasi yang paling sering dijumpai.

Keadaan	Jalur yang disarankan
Laboratorium memadai, tiap siswa atau pasangan punya komputer	**Jalur A.** Siswa menjalankan NetTrace Lab sendiri atau berpasangan, lalu menjalankan perintah yang sama di komputer sungguhan dan membandingkan hasilnya.
Perangkat terbatas, tetapi banyak siswa membawa telepon genggam	**Jalur B.** Berkas dibagikan lewat grup kelas atau Bluetooth. Siswa berkelompok tiga atau empat orang, satu perangkat per kelompok, dengan peran bergilir: pengendali, pembaca, pencatat.
Hanya ada satu laptop dan satu proyektor	**Jalur C.** Guru memproyeksikan; siswa bergantian maju mengendalikan. Latihan dan misi dikerjakan secara klasikal.
Tidak ada listrik, atau perangkat tidak dapat dipakai	**Jalur D.** Permainan peran “Kartu Paket” (lihat Lampiran 6). Siswa menjadi laptop, router, server DNS, dan web server, dan memerankan paket dengan kartu. Isi pelajarannya sama; hanya medianya yang berbeda.

Yang boleh dipangkas

Bila waktu sangat terbatas, empat pertemuan dapat dipadatkan menjadi dua: pertemuan 1 dan 2 digabung menjadi “alamat dan nama” (DHCP, ARP, DNS), lalu pertemuan 3 dan 4 menjadi “koneksi dan diagnosis” (TCP, HTTP, troubleshooting). Yang sebaiknya dipertahankan: **satu kali mengamati, satu kali mencoba, satu kali menjelaskan dengan kata sendiri**.

BAGIAN PERTAMA

A. Informasi Umum

1. Identitas Modul

Penyusun	Aliyudin, guru mata pelajaran produktif TKJ
Satuan pendidikan	SMKS Ciledug Al Musaddadiyah, Garut
Program keahlian	Teknik Komputer dan Jaringan (TKJ)
Mata pelajaran	Mata pelajaran produktif yang memuat dasar-dasar jaringan komputer (disesuaikan dengan struktur kurikulum sekolah)
Fase / kelas	Fase E / kelas X (dapat diadaptasi untuk pengulangan materi di kelas XI)
Topik	Alur komunikasi jaringan lokal: DHCP, ARP, DNS, TCP, HTTP, dan dasar pemecahan masalah
Alokasi waktu	4 pertemuan × 3 JP (1 JP = 45 menit). Dapat dipadatkan menjadi 2 pertemuan.
Media utama	NetTrace Lab (satu berkas HTML, offline), papan tulis, lembar kerja (Lampiran 1)
Model pembelajaran	Pembelajaran mendalam (berkesadaran, bermakna, menggembirakan) melalui siklus lima langkah: **Amati, Telusuri, Praktik, Diagnosis, Refleksi**

Tentang kurikulum dan kode capaian

Penulis sengaja tidak mencantumkan nomor atau kode capaian pembelajaran tertentu, karena rumusan resmi dapat berbeda antarsatuan pendidikan dan dapat berubah. Silakan memadankan tujuan pembelajaran di bawah ini dengan dokumen capaian pembelajaran dan Kurikulum Satuan Pendidikan di sekolah Bapak/Ibu. Modul ini tidak memperkenalkan kurikulum baru; ia dipakai di dalam Kurikulum Merdeka yang diperkuat dengan pendekatan pembelajaran mendalam dan profil lulusan.

2. Kompetensi Awal

Modul ini mengandaikan siswa sudah mengenal hal-hal berikut. Bila belum, tiga puluh menit pengantar di pertemuan 1 biasanya sudah cukup untuk menyamakan pijakan.

- Perangkat jaringan secara umum: komputer, kabel, *switch*, dan *router*.
- Gambaran bahwa setiap perangkat di jaringan punya alamat (alamat IP) dan bahwa alamat ditulis sebagai empat kelompok angka.
- Mengoperasikan peramban dan membuka berkas di komputer atau telepon genggam.

3. Dimensi Profil Lulusan yang Dikuatkan

Delapan dimensi Profil Lulusan tidak perlu dicentang semuanya dalam satu modul. Penulis memilih tiga dimensi yang paling alami tumbuh dari kegiatan ini, dan menandai dimensi yang paling disorot pada tiap pertemuan.

Dimensi	Bagaimana tumbuh dalam modul ini
Penalaran kritis	Siswa diminta menyebut bukti dari paket sebelum menyimpulkan, memprediksi hasil sebelum menekan Enter, dan menyingkirkan penyebab lain dengan alasan.
Kolaborasi	Kerja berpasangan dan berkelompok dengan peran bergilir (pengendali, pembaca, pencatat); saling memeriksa diagram TCP; diskusi bukti antarkubu.
Kemandirian	Siswa mengatur tempo sendiri, memutuskan kapan membuka petunjuk atau Mode Ahli, dan menilai pemahamannya lewat refleksi.

Dimensi **kreativitas** dan **komunikasi** juga tersentuh secara alami, misalnya ketika siswa membuat analogi DNS sendiri dan menjelaskan alur paket dengan kata-kata mereka, tetapi tidak dijadikan sasaran utama.

4. Pendekatan Pembelajaran Mendalam

Pembelajaran mendalam menekankan pemahaman konsep yang bermakna ketimbang hafalan. Rancangan modul ini kebetulan sudah berjalan searah: siswa tidak menghafal urutan DHCP, tetapi menceritakan dan mencobanya. Tabel berikut menunjukkan pemetaannya agar mudah dicantumkan pada dokumen perencanaan.

Tahap pembelajaran mendalam	Siklus modul	Contoh kegiatan
Memahami	Amati, Telusuri	Mengikuti skenario langkah demi langkah; menceritakan ulang dengan kata sendiri; mengeklik paket dan bidangnya.
Mengaplikasi	Praktik, Diagnosis	Terminal mini dan misi; enam kasus troubleshooting; membandingkan simulasi dengan komputer sungguhan.
Merefleksi	Refleksi	Tiga hal yang dipahami dan satu yang membingungkan; diskusi bukti; angket pengalaman belajar.

Prinsip	Wujud dalam modul
Berkesadaran (*mindful*)	Siswa tahu tujuan tiap pertemuan, mengatur tempo sendiri, memprediksi sebelum mencoba, dan berhenti merefleksi di akhir.
Bermakna (*meaningful*)	Dihubungkan dengan pengalaman nyata: membuka situs, Wi-Fi yang “tersambung tapi tidak ada internet”, dan masalah jaringan di sekolah atau rumah.
Menggembirakan (*joyful*)	Peta beranimasi, misi yang tercentang otomatis, permainan peran Kartu Paket, dan suasana yang membolehkan salah.

5. Sarana dan Prasarana

Kebutuhan	Keterangan
Berkas NetTrace Lab (.html)	Dibagikan lewat flashdisk, grup kelas, atau Bluetooth. Tidak perlu internet.
Peramban modern	Di laptop, komputer lab, atau telepon genggam. Uji dahulu di satu perangkat sebelum kelas dimulai, terutama pada komputer lab yang kebijakan peramban atau penyimpanannya dibatasi.

Kebutuhan	Keterangan
Proyektor atau layar (opsional)	Berguna untuk Jalur C dan untuk pembahasan bersama.
Lembar kerja cetak	Lampiran 1. Dapat disalin tangan di buku bila tidak ada mesin cetak.
Kartu Paket (opsional)	Untuk Jalur D atau kegiatan selingan; cukup dari kertas bekas (Lampiran 6).

6. Target Peserta Didik

Modul dirancang untuk kelas yang beragam. Siswa reguler dibimbing lewat tiga lapis penjelasan. Siswa yang masih membangun dasar dapat berhenti di lapisan bahasa sehari-hari dengan latihan tingkat Pemula dan petunjuk. Siswa yang sudah siap dapat membuka Mode Ahli, menelusuri nomor urut TCP, dan menyelesaikan kasus tingkat Mahir tanpa petunjuk. Panduan diferensiasi lengkap ada di Bagian C.

BAGIAN KEDUA

B. Komponen Inti

1. Tujuan Pembelajaran

Setelah mengikuti rangkaian pembelajaran ini, siswa diharapkan mampu:

1. Menjelaskan dengan kata sendiri urutan dan fungsi empat langkah DHCP (Discover, Offer, Request, Acknowledge) serta peran ARP dalam menemukan alamat fisik perangkat di jaringan lokal.
2. Menjelaskan bagaimana DNS mengubah nama menjadi alamat IP dan mengapa jawaban DNS disimpan sementara (*cache*).
3. Menggambarkan tiga langkah jabat tangan TCP dan menjelaskan fungsi permintaan HTTP setelahnya.
4. Membaca daftar paket sederhana (sumber, tujuan, protokol, informasi) dan menunjuk bidang penting pada rincian paket.
5. Menjalankan perintah `ipconfig`, `ping`, `nslookup`, `arp -a`, dan `tracert`, serta menjelaskan paket yang terjadi di balik masing-masing.
6. Menentukan penyebab gangguan jaringan umum dengan merujuk pada bukti yang terlihat pada paket.

2. Indikator Ketercapaian

Tujuan	Indikator (siswa dapat ...)	Bukti belajar
1	Mengurutkan DORA dengan benar; menyebut mengapa Discover dikirim ke semua perangkat; menyebut bahwa ARP Request disiarkan sedangkan balasannya langsung ke penanya.	Latihan mengurutkan; LKPD 1
2	Membedakan ping ke IP dengan ping ke nama; menjelaskan kapan kueri DNS tidak perlu dikirim lagi.	Tabel perbandingan; LKPD 2
3	Menggambar SYN, SYN-ACK, ACK dengan arah panah yang benar; menyebut port 80 untuk HTTP.	Diagram siswa; LKPD 3
4	Mengeklik satu bidang dan menjelaskan artinya; menemukan 0.0.0.0 dan 255.255.255.255 pada Discover.	Pengamatan guru; LKPD 1 dan 3
5	Menyelesaikan enam misi terminal dan menjelaskan satu paket di balik satu perintah.	Rekap misi; lembar observasi
6	Menjawab kasus troubleshooting dengan menyebut paket atau bidang sebagai bukti.	Rekap troubleshooting; rubrik diagnosis

3. Pemahaman Bermakna

Gangguan jaringan bukan misteri. Di balik setiap halaman web yang terbuka ada percakapan singkat dan tertib antarperangkat; siapa pun yang tahu urutannya dapat menunjuk di langkah mana percakapan itu terputus.

4. Pertanyaan Pemantik

- Laptop baru tersambung dan belum punya alamat IP. Kepada siapa ia berteriak, dan mengapa ia memakai alamat 0.0.0.0?
- Mengapa ARP memakai siaran, sedangkan jawabannya tidak?
- Jika ping ke 8.8.8.8 berhasil tetapi ping ke nama situs gagal, bagian mana yang kamu curigai lebih dulu? Mengapa?
- Apa bedanya paket yang tidak dijawab sama sekali dengan paket yang dijawab penolakan (RST)?

5. Persiapan Guru

1. Buka NetTrace Lab sendiri, sekali saja dari awal sampai akhir. Cukup 20 sampai 30 menit; ini yang paling menolong.
2. Uji berkas di satu perangkat siswa atau komputer lab yang akan dipakai.
3. Bagikan berkas sehari sebelumnya bila memungkinkan, agar waktu kelas tidak habis untuk berpindah-pindah berkas.
4. Siapkan Lampiran 1 (LKPD) dan Lampiran 2 (soal awal dan akhir).
5. Siapkan rencana cadangan: Jalur C atau D bila perangkat bermasalah.
6. Beri tahu siswa tujuan pengumpulan hasil belajar dan bahwa hasil itu dipakai untuk perbaikan pembelajaran, bukan untuk menghukum.

6. Langkah-Langkah Pembelajaran

Setiap pertemuan mengikuti ritme yang sama agar mudah diingat siswa. Waktu di bawah ini adalah perkiraan untuk 3 JP (135 menit); geser sesuai kenyataan. Teks *miring* pada kolom kegiatan adalah catatan peran guru.

Pertemuan 1: DHCP dan ARP

Fokus. Bagaimana perangkat mendapat alamat dan menemukan tetangganya.

Dimensi profil yang disorot. Kemandirian (mengatur tempo dan memprediksi hasil) dan penalaran kritis (menjelaskan mengapa 0.0.0.0 dan siaran).

Tujuan pertemuan. Siswa mampu menjelaskan DORA dan fungsi ARP, serta membaca hasil ipconfig dan arp -a.

Tahap	Kegiatan	Menit
Pendahuluan	Salam, doa, dan cek kehadiran. **Soal awal** (Lampiran 2) dikerjakan tanpa tekanan nilai, sebagai peta awal. Ajukan pertanyaan pemantik 1 dan 2; tampung jawaban di papan tanpa membenarkan atau menyalahkan. *Sampaikan bahwa hari ini boleh salah.*	20
Amati	Putar skenario **DHCP** pada mode Normal. Setiap berhenti satu langkah, minta satu siswa menceritakan “apa yang terjadi” dengan kata sendiri. Perhatikan perubahan pada status laptop. *Tahan keinginan menjelaskan lebih dulu.*	20

Tahap	Kegiatan	Menit
Telusuri	Klik paket Discover. Siswa mencari alamat sumber dan tujuan, lalu menjawab di LKPD 1: mengapa 0.0.0.0 dan 255.255.255.255? Lanjutkan ke skenario **ARP**: siapa yang bertanya ke semua orang, siapa yang menjawab? Siswa yang siap boleh menyalakan Mode Ahli.	30
Praktik	Terminal mini: misi 1 (`ipconfig`), misi 2 (`ping 192.168.1.1`), misi 3 (isi tabel ARP lalu `arp -a`). Minta siswa **memprediksi** hasil sebelum menekan Enter. Kerjakan latihan mengurutkan DORA.	30
Penutup	Tiap siswa menulis di LKPD 1: satu hal yang dipahami dan satu hal yang masih membingungkan. Kumpulkan kebingungan itu sebagai bahan awal pertemuan 2.	15
Cadangan	Tanpa perangkat: Jalur D, permainan Kartu Paket untuk DORA dan ARP.	-

Produk belajar. Penjelasan lisan atau tulisan singkat tentang DORA; skor latihan mengurutkan.

> **Catatan untuk guru**
> Tabel ARP awalnya kosong dan baru terisi setelah ping. Biarkan siswa menemukannya sendiri, lalu tanyakan: “Mengapa baru terisi sekarang?”

Pertemuan 2: DNS: dari Nama Menjadi Angka

Fokus. Bagaimana sebuah nama situs berubah menjadi alamat IP.

Dimensi profil yang disorot. Penalaran kritis (membedakan ping IP dan ping nama) dan kreativitas (membuat analogi DNS sendiri).

Tujuan pertemuan. Siswa mampu menjelaskan peran server DNS dan membedakan ping ke IP dengan ping ke nama.

Tahap	Kegiatan	Menit
Pendahuluan	Ulas kebingungan dari pertemuan 1 (5 menit saja). Tanyakan: “Kalian membuka situs dengan mengetik nama atau angka? Lalu siapa yang menerjemahkan?”	15
Amati	Putar skenario **DNS**. Perhatikan kueri dan jawaban, serta kolom cache DNS pada status laptop. Tanyakan: “Jawaban ini disimpan berapa lama, dan untuk apa?”	20
Telusuri	Siswa membandingkan paket kueri dan jawaban: bidang mana yang menunjukkan nama, mana yang menunjukkan alamat? Kenalkan istilah NXDOMAIN lewat nama yang tidak ada.	25
Praktik	Misi 4 (`nslookup www.example.com`) dan misi 5 (`ping www.example.com`). Ping nama dua kali berturut-turut dan bandingkan paket yang muncul pada kali pertama dan kedua. Isi tabel perbandingan di LKPD 2.	35
Pratinjau diagnosis	Tunjukkan satu kasus troubleshooting “Ping IP bisa, nama tidak” secara klasikal. Minta siswa menebak bagian yang dicurigai dan alasannya.	25
Penutup	Satu kalimat untuk melengkapi: “DNS itu seperti … karena …”. Tiga siswa membacakan analoginya.	15

Produk belajar. Tabel perbandingan ping IP dan ping nama (LKPD 2).

> **Catatan untuk guru**
> Analogi buku telepon sering menolong, tetapi biarkan siswa membuat analoginya sendiri. Analogi karya siswa lebih lama diingat daripada analogi dari guru.

Pertemuan 3: TCP dan HTTP

Fokus. Jabat tangan sebelum bertukar data, lalu permintaan halaman.

Dimensi profil yang disorot. Kolaborasi (saling memeriksa diagram) dan penalaran kritis (menghubungkan DNS, TCP, dan HTTP dalam satu alur).

Tujuan pertemuan. Siswa mampu menggambar tiga langkah TCP dan menjelaskan hubungan DNS, TCP, dan HTTP pada alur lengkap.

Tahap	Kegiatan	Menit
Pendahuluan	Pemantik: “Sebelum bicara penting lewat telepon, kamu mengucap halo dan menunggu jawaban. Mengapa komputer juga perlu?”	15
Amati	Putar skenario **TCP Handshake**, lalu **Alur Lengkap** (15 paket). Siswa menandai di LKPD 3 paket mana milik DHCP, ARP, DNS, TCP, dan HTTP.	30
Telusuri	Nyalakan Mode Ahli bagi yang siap. Telusuri bidang *flags* (SYN, ACK) dan nomor urut pada tiga paket jabat tangan. Siswa lain tetap pada tampilan Normal dan mencocokkan penjelasan dengan peta.	30
Praktik	Misi 6 (`tracert www.example.com`). Diskusikan peran TTL: mengapa router yang TTL-nya habis membalas?	25
Hasilkan	Siswa membuat diagram sendiri tiga langkah TCP (boleh di kertas) dan menukarkannya dengan teman untuk saling memeriksa.	20
Penutup	Rangkum bersama: urutan peristiwa dari laptop baru tersambung hingga halaman terbuka. Tulis di papan secara estafet, satu siswa satu langkah.	15

Produk belajar. Diagram tiga langkah TCP buatan siswa; pengerjaan misi tracert.

> **Catatan untuk guru**
> Penutupan koneksi TCP (FIN/ACK) belum ada di NetTrace Lab. Bila siswa bertanya, jawablah secara lisan dan jujur bahwa itu bagian berikutnya yang akan dipelajari.

Pertemuan 4: Diagnosis Gangguan dan Refleksi

Fokus. Dari gejala dan bukti paket menuju penyebab.

Dimensi profil yang disorot. Penalaran kritis (diagnosis berbasis bukti) dan kolaborasi (diskusi bukti berpasangan).

Tujuan pertemuan. Siswa mampu menentukan penyebab gangguan berdasarkan bukti paket dan merefleksikan pembelajarannya.

Tahap	Kegiatan	Menit
Pendahuluan	Ceritakan satu situasi nyata: “Internet di ruang guru tidak jalan, apa yang kamu cek lebih dulu?” Kumpulkan dugaan siswa di papan.	15
Contoh bersama	Selesaikan satu kasus secara klasikal sambil **berpikir keras**: baca gejala, lihat paket, singkirkan penyebab lain, lalu putuskan.	20
Diagnosis	Siswa mengerjakan enam kasus secara berpasangan. Syaratnya: setiap jawaban disertai **bukti paket** di LKPD 4. Pembahasan di dalam NetTrace Lab membantu siswa memeriksa penalarannya.	45
Diskusi bukti	Pilih dua kasus yang paling banyak membuat siswa berbeda pendapat. Minta wakil dua kubu menyebut bukti masing-masing.	15
Soal akhir dan angket	Soal akhir dengan butir setara soal awal (Lampiran 2), lalu angket pengalaman belajar (Lampiran 4).	20
Refleksi dan pengumpulan	Siswa menuliskan tiga hal yang dipahami dan satu yang masih membingungkan. Hasil dikumpulkan lewat kode atau file hasil; guru membaca rekap sebagai bahan penguatan.	20

Produk belajar. Laporan diagnosis (LKPD 4); kode atau file hasil; soal akhir.

> **Catatan untuk guru**
> Pada komputer bersama, ingatkan siswa menghapus datanya setelah selesai (tersedia tombol hapus data). Kode hasil adalah gambaran belajar, bukan penilaian tunggal; padukan dengan pengamatan langsung.

BAGIAN KETIGA

C. Asesmen, Diferensiasi, dan Refleksi

Asesmen dalam modul ini berfungsi sebagai **umpan balik terlebih dahulu**, dan sebagai penilaian kemudian. Siswa lebih berani mencoba bila ia tahu bahwa kesalahan adalah bahan belajar.

1. Rancangan Asesmen

Jenis	Waktu	Bentuk	Fungsi
Diagnostik	Awal pertemuan 1	Soal awal (10 butir)	Memetakan kesiapan; bukan untuk nilai.
Formatif	Setiap pertemuan	Latihan dan kuis NetTrace Lab; LKPD; pengamatan; tanya jawab	Umpan balik seketika; menentukan penguatan.
Formatif keterampilan	Pertemuan 2 sampai 3	Misi terminal; lembar observasi	Melihat keterampilan prosedural.
Sumatif	Pertemuan 4	Kasus troubleshooting dengan bukti; soal akhir; laporan	Melihat penalaran diagnosis dan pemahaman konsep.

Tiga jenis bukti belajar tersedia dari NetTrace Lab: **skor latihan** (pemahaman konsep), **hasil troubleshooting** (penalaran diagnosis), dan **penyelesaian misi terminal** (keterampilan prosedural). Bapak/Ibu dapat menambahkan penilaian lisan dan unjuk kerja di laboratorium.

> **Tentang pembobotan**
> Penulis tidak menetapkan bobot angka yang kaku. Contoh yang bisa dipertimbangkan: pemahaman konsep 40%, penalaran diagnosis 40%, keterampilan prosedural 20%. Sesuaikan dengan kebijakan penilaian sekolah. Perlu diingat, nilai gabungan dari rekap NetTrace Lab bersifat **indikatif**, dan kode hasil tidak dirancang sebagai alat anti-curang.

2. Rubrik Penilaian Diagnosis

Aspek	Sangat baik (3)	Cukup (2)	Perlu bimbingan (1)
Ketepatan diagnosis	Penyebab tepat dan menyingkirkan penyebab lain dengan alasan.	Penyebab tepat, alasan kurang lengkap.	Penyebab belum tepat atau menebak.
Penggunaan bukti paket	Menunjuk paket atau bidang tertentu sebagai bukti.	Menyebut bukti secara umum.	Tidak merujuk pada bukti.
Penjelasan dengan bahasa sendiri	Runtut, istilah dipakai dengan benar.	Cukup jelas, ada istilah kurang tepat.	Sulit dipahami atau menyalin.

Aspek	Sangat baik (3)	Cukup (2)	Perlu bimbingan (1)
Langkah perbaikan	Usulan tepat dan dapat dilakukan.	Usulan tepat tetapi umum.	Usulan belum relevan.

Skor maksimal 12. Penafsiran yang disarankan: 10 sampai 12 = sangat baik; 7 sampai 9 = cukup; 4 sampai 6 = perlu bimbingan lanjutan. Angka-angka ini adalah usulan awal dan boleh Bapak/Ibu ubah.

3. Diferensiasi

Kelompok siswa	Cara menyesuaikan
Masih membangun dasar	Berhenti di lapisan bahasa sehari-hari; latihan tingkat Pemula; memakai petunjuk; kamus istilah; dipasangkan dengan teman sebaya yang suportif.
Sudah siap	Mode Ahli; menelusuri nomor urut dan *flags* TCP; kasus Mahir dan troubleshooting tanpa petunjuk; menjadi "asisten teknis" bagi kelompok lain.
Kelas tanpa laboratorium memadai	Telepon genggam berkelompok, satu laptop dengan proyektor, atau Kartu Paket.
Kelas dengan laboratorium	Siswa menjalankan perintah yang sama pada komputer sungguhan lalu membandingkannya dengan simulasi. Guru dapat memperagakan Wireshark sebagai penutup.
Siswa yang kesulitan membaca teks teknis	Gunakan kamus istilah; izinkan menjelaskan secara lisan atau dengan gambar sebagai ganti tulisan.

4. Pengayaan dan Remedial

Pengayaan

- Menyusun "cerita paket" dalam satu halaman: dari laptop baru menyala sampai halaman terbuka.
- Menjalankan `ipconfig /all`, `nslookup`, dan `tracert` di komputer sungguhan, lalu membandingkan keluaran dengan simulasi.
- Membuat satu kasus troubleshooting karangan sendiri lengkap dengan gejala dan bukti, untuk dipecahkan teman.

Remedial

- Mengulang satu skenario dengan tempo lebih lambat sambil menceritakan setiap langkah kepada guru atau teman.
- Mengerjakan latihan tingkat Pemula dan memakai petunjuk bertahap.
- Mengerjakan satu kasus troubleshooting bersama guru dengan teknik berpikir keras.

5. Antisipasi Tantangan

Tantangan	Antisipasi
Perangkat dan listrik terbatas	Media ringan, dapat berjalan di telepon genggam; kerja berkelompok; satu layar proyeksi; Jalur D tanpa perangkat.

Tantangan	Antisipasi
Berkas tidak mau terbuka	Coba peramban lain; salin ulang berkas; unduh sebelum hari-H. Siapkan Jalur C atau D.
Penyimpanan peramban dibatasi atau dalam mode privat	Gunakan peramban biasa; simpan hasil lewat file hasil; catat bahwa data bisa hilang bila peramban dibersihkan.
Siswa hanya menekan “Berikutnya” tanpa membaca	Wajibkan setiap langkah diceritakan ulang lisan atau tertulis; minta prediksi sebelum langkah berikutnya.
Waktu pelajaran terbatas	Pangkas menjadi dua pertemuan; pakai skenario terpisah; kerjakan LKPD sebagai tugas ringan.
Kekhawatiran simulasi berbeda dari kenyataan	Sampaikan terbuka sifat datanya; padukan dengan praktik laboratorium dan perbandingan hasil.
Siswa menyalin kode hasil teman	Padukan dengan pengamatan langsung, tanya jawab lisan, dan unjuk kerja.

6. Peluang Kegiatan Kokurikuler

Kegiatan kokurikuler kini lebih fleksibel bentuknya dan ditetapkan oleh satuan pendidikan. Bila sekolah Bapak/Ibu berkenan, hasil pertemuan 3 dan 4 dapat diteruskan menjadi satu kegiatan kolaboratif ringan. Berikut contoh yang bisa diubah sesuka hati:

- **Klinik Jaringan Sekolah.** Kelompok siswa membuat kartu “gejala dan bukti” dari enam kasus lalu mempresentasikannya kepada kelas X lain atau adik kelas.
- **Poster “Cerita Paket”.** Satu poster per kelompok tentang perjalanan paket dari laptop sampai halaman web, ditempel di laboratorium.
- **Pojok Tanya Jaringan.** Siswa yang sudah siap menjadi tutor sebaya pada jam istirahat tertentu.

Dimensi yang tertuntun: kolaborasi, komunikasi, dan kreativitas. Bentuk dan penilaiannya sepenuhnya mengikuti kebijakan sekolah.

7. Refleksi

Untuk siswa

- Tiga hal yang sekarang saya pahami tentang perjalanan paket data adalah ...
- Satu hal yang masih membingungkan saya adalah ...
- Kalau teman saya bertanya “kenapa internet tidak jalan”, hal pertama yang akan saya periksa adalah ..., karena ...

Untuk guru

- Bagian mana yang paling membuat siswa “oh, begitu”? Bagian mana yang membuat mereka diam?
- Apakah waktu yang saya alokasikan terlalu longgar atau terlalu sempit di setiap tahap?
- Siswa mana yang belum tersentuh, dan apa yang bisa saya ubah untuk pertemuan berikutnya?
- Apa satu hal dalam modul ini yang perlu saya ubah agar lebih cocok untuk kelas saya?

LEMBAR KERJA

Lampiran 1. Lembar Kerja Peserta Didik

Empat lembar kerja pendek, satu untuk setiap pertemuan. Bagian pertanyaan boleh disalin ke buku tulis bila tidak ada mesin cetak.

Nama	
Kelas / kelompok	

LKPD 1. DHCP dan ARP

1. Urutkan empat langkah DHCP dari awal sampai akhir: Request, Offer, Acknowledge, Discover.
2. Pada paket Discover, tuliskan alamat sumber dan alamat tujuan. Mengapa laptop memakai alamat tersebut?
3. ARP Request disiarkan ke semua perangkat, tetapi ARP Reply tidak. Mengapa demikian?
4. Setelah `ping 192.168.1.1`, apa yang berubah pada `arp -a`? Mengapa?

Refleksi. Satu hal yang saya pahami: ..... Satu hal yang masih membingungkan: .....

LKPD 2. DNS

Hal yang diamati	Ping ke 8.8.8.8	Ping ke www.example.com (pertama)	Ping ke www.example.com (kedua)
Apakah ada kueri DNS?			
Paket apa saja yang muncul?			
Berhasil atau tidak?			

1. Mengapa kueri DNS tidak muncul lagi pada ping kedua?
2. Lengkapi: “DNS itu seperti ... karena ...”

LKPD 3. TCP dan HTTP

1. Gambarlah tiga langkah jabat tangan TCP: siapa mengirim apa kepada siapa, dengan flag apa? Tulis juga port tujuan untuk HTTP.
2. Pada Alur Lengkap, tandai nomor paket milik DHCP, ARP, DNS, TCP, dan HTTP.
3. Pada `tracert`, mengapa setiap router yang dilewati memberikan balasan berbeda?

DHCP	ARP	DNS	TCP	HTTP
Paket no.	Paket no.	Paket no.	Paket no.	Paket no. ....

LKPD 4. Diagnosis Gangguan

Salin satu tabel untuk setiap kasus. Syarat utama: **bukti harus berasal dari paket atau hasil perintah**.

Hal yang dicatat	Jawabanmu
Gejala yang terlihat	
Paket atau bukti yang kamu temukan	
Penyebab yang kamu pilih	
Mengapa penyebab lain disingkirkan?	
Langkah perbaikan yang kamu usulkan	

Catatan tambahan atau kebingungan:

INSTRUMEN

Lampiran 2. Soal Awal dan Soal Akhir

Soal berikut dapat dipakai sebagai soal awal dan soal akhir. Agar tidak sekadar mengulang hafalan, untuk soal akhir ganti nilai-nilai dalam pilihan jawaban atau ubah urutan opsinya. Pembahasan singkat tersedia di akhir daftar.

1. Urutan empat langkah DHCP yang benar adalah ...

A. Request, Offer, Discover, Acknowledge
B. Discover, Offer, Request, Acknowledge
C. Offer, Discover, Acknowledge, Request
D. Discover, Request, Offer, Acknowledge

2. Pada ARP, laptop ingin tahu alamat fisik (MAC) perangkat dengan IP tertentu. Cara yang benar adalah ...

A. Mengirim ARP Request secara siaran, lalu pemilik IP menjawab langsung kepada penanya
B. Mengirim ARP Request langsung ke router, lalu router menyiarkan jawaban
C. Mengirim ARP Reply lebih dulu, baru Request
D. Menunggu perangkat lain mengumumkan alamatnya

3. Ping ke 8.8.8.8 berhasil, tetapi ping ke nama situs gagal ditemukan. Penyebab yang paling dicurigai adalah ...

A. Kabel jaringan putus
B. IP laptop bentrok
C. Pengaturan DNS pada laptop
D. Router mati

4. Laptop memiliki alamat 169.254.x.x dan gateway kosong. Hal ini menandakan ...

A. DHCP tidak menjawab
B. Web server mati
C. DNS menjawab dengan NXDOMAIN
D. Koneksi TCP ditolak

5. Tiga langkah jabat tangan TCP berurutan adalah ...

A. ACK, SYN, SYN-ACK
B. SYN, ACK, SYN-ACK
C. SYN, SYN-ACK, ACK
D. SYN-ACK, SYN, ACK

6. Laptop mengirim SYN ke port 80 dan dibalas RST. Artinya ...

A. Server mengabaikan permintaan
B. Layanan pada port tersebut tidak berjalan sehingga ditolak secara aktif
C. DNS salah
D. Gateway salah

7. Port yang lazim dipakai HTTP (tanpa enkripsi) adalah ...

A. 22
B. 53
C. 80
D. 443

8. Pada `tracert`, router tengah dapat membalas karena ...

A. TTL paket habis di router tersebut sehingga ia membalas “Time Exceeded”
B. Router ingin menutup koneksi TCP
C. Router mengubah alamat DNS
D. Router membuat ARP baru

9. ARP dijawab oleh dua MAC berbeda untuk satu alamat IP. Kemungkinan penyebabnya ...

A. Konflik IP
B. DNS salah
C. Port tertutup
D. Kabel terlalu panjang

10. Mengapa ping kedua ke nama yang sama tidak lagi memicu kueri DNS?

A. Server DNS mati
B. Jawaban sebelumnya disimpan sementara di cache DNS laptop
C. Ping tidak memerlukan nama
D. TCP menggantikan DNS

Kunci dan Pembahasan Singkat

No.	Kunci	Pembahasan
1	B	Discover, Offer, Request, Acknowledge (DORA).
2	A	ARP Request disiarkan agar semua perangkat mendengar; hanya pemilik IP yang menjawab, langsung kepada penanya.
3	C	Jalur jaringan hidup karena ping ke angka berhasil; yang gagal hanya penerjemahan nama, tugas DNS.
4	A	Alamat 169.254.x.x muncul ketika laptop tidak mendapat jawaban DHCP.
5	C	SYN, SYN-ACK, ACK.
6	B	RST adalah penolakan aktif, berbeda dengan paket yang sama sekali tidak dijawab.
7	C	HTTP tanpa enkripsi lazimnya memakai port 80.
8	A	Setiap router mengurangi TTL; yang TTL-nya habis membalas Time Exceeded sehingga alamatnya terlihat.
9	A	Dua perangkat mengaku memiliki IP yang sama.
10	B	Jawaban DNS disimpan sementara agar pertanyaan yang sama tidak perlu diulang.

INSTRUMEN

Lampiran 3. Lembar Observasi Keterampilan

Lembar sederhana untuk dipakai sambil berkeliling. Cukup memberi tanda pada kolom yang sesuai; tidak perlu semuanya diisi untuk semua siswa.

Nama siswa	Mengetik perintah dengan benar	Memprediksi hasil sebelum Enter	Menjelaskan paket di balik perintah	Bekerja sama dalam kelompok
	☐	☐	☐	☐
	☐	☐	☐	☐
	☐	☐	☐	☐
	☐	☐	☐	☐
	☐	☐	☐	☐
	☐	☐	☐	☐
	☐	☐	☐	☐
	☐	☐	☐	☐
	☐	☐	☐	☐
	☐	☐	☐	☐

Keterangan: tanda pada kolom menunjukkan perilaku *terlihat* pada pertemuan itu. Catatan bebas di bawah lebih berharga daripada angka.

Catatan bebas:

INSTRUMEN

Lampiran 4. Angket Pengalaman Belajar

Skala: 1 = sangat tidak setuju, 2 = tidak setuju, 3 = setuju, 4 = sangat setuju. Jawaban jujur lebih berharga daripada jawaban baik.

No.	Pernyataan	1	2	3	4
1	Penjelasan pada setiap langkah mudah saya pahami.	☐	☐	☐	☐

No.	Pernyataan	1	2	3	4
2	Animasi pada peta membantu saya membayangkan perjalanan paket.	☐	☐	☐	☐
3	Saya merasa lebih percaya diri membaca daftar paket setelah memakai media ini.	☐	☐	☐	☐
4	Terminal mini membantu saya memahami perintah yang saya ketik.	☐	☐	☐	☐
5	Kasus troubleshooting membuat saya terbiasa mencari bukti sebelum menyimpulkan.	☐	☐	☐	☐
6	Saya dapat belajar dengan tempo sendiri.	☐	☐	☐	☐

7. Bagian yang paling membantu saya:

8. Bagian yang masih membingungkan atau perlu diperbaiki:

KAMUS KECIL

Lampiran 5. Glosarium Bahasa Sehari-hari

Penjelasan singkat yang dapat dibacakan kepada siswa. Istilah teknis tetap dipertahankan agar siswa tidak asing ketika berjumpa dengannya di laboratorium.

Istilah	Dalam bahasa sehari-hari
Paket	Potongan kecil data yang dikirim lewat jaringan, ibarat satu surat beramplop berisi alamat pengirim dan penerima.
Alamat IP	Alamat sebuah perangkat di jaringan, ibarat alamat rumah.
Alamat MAC	Identitas fisik kartu jaringan, ibarat nama asli yang menempel pada perangkat.
Gateway	Pintu keluar jaringan lokal menuju jaringan lain, biasanya router.
DHCP	Petugas yang membagikan alamat IP dan pengaturan dasar kepada perangkat yang baru tersambung.
DORA	Singkatan empat langkah DHCP: Discover, Offer, Request, Acknowledge.
ARP	Pertanyaan “siapa yang punya IP ini, dan apa alamat fisiknya?” di jaringan lokal.
DNS	Buku telepon internet: mengubah nama situs menjadi alamat IP.
Cache DNS	Catatan sementara hasil terjemahan nama agar tidak bertanya berulang.
NXDOMAIN	Jawaban DNS yang berarti “nama itu tidak ada”.
TCP	Cara mengirim data dengan jaminan urutan dan kepastian sampai; diawali jabat tangan.
SYN, SYN-ACK, ACK	Tiga pesan jabat tangan TCP: “ayo mulai”, “siap, kamu juga siap?”, “siap”.
RST	Penolakan aktif: “tidak ada layanan di sini, jangan lanjutkan”.
HTTP	Aturan meminta dan mengirim halaman web.
Port	Nomor “pintu” pada sebuah perangkat untuk layanan tertentu, misalnya 80 untuk HTTP dan 53 untuk DNS.
TTL	Batas jumlah lompatan sebuah paket; berkurang satu setiap melewati router.
ICMP	Paket pemberi kabar, dipakai oleh ping dan tracert.
Broadcast (siaran)	Pesan yang ditujukan kepada semua perangkat di jaringan lokal.
APIPA (169.254.x.x)	Alamat darurat yang dipakai sendiri ketika DHCP tidak menjawab.

RENCANA CADANGAN TANPA PERANGKAT

Lampiran 6. Permainan Peran “Kartu Paket”

Untuk kelas tanpa listrik, tanpa perangkat, atau sebagai selingan yang menyegarkan. Isi pelajarannya sama dengan NetTrace Lab; hanya medianya yang berbeda. Permainan ini juga cocok dipakai *sebelum* membuka simulator, agar siswa punya gambaran awal.

Peran

- **Laptop** (1 siswa), **Router** (1), **Server DNS** (1), **Web Server** (1), dan beberapa **Perangkat lain** (misalnya HP dan printer).
- **Kurir kartu** (1 atau 2 siswa) yang mengantar kartu paket dari satu peran ke peran lain.
- **Pencatat** (kelompok penonton) yang menulis urutan paket di papan.

Alur satu putaran (sekitar 20 menit)

1. Guru menyiapkan kartu paket: Discover, Offer, Request, Acknowledge, ARP Request, ARP Reply, DNS Query, DNS Response, SYN, SYN-ACK, ACK, HTTP GET, HTTP Response.
2. Siswa Laptop memegang kertas “IP: belum ada”. Ia mengangkat kartu Discover dan berteriak kepada semua peran (siaran).
3. Router menjawab dengan Offer, dan seterusnya. Setiap kali kartu berpindah, Pencatat menulis di papan: dari siapa, ke siapa, dan apa artinya.
4. Setiap kali ada perubahan, siswa Laptop memperbarui kertas statusnya: IP, gateway, DNS, tabel ARP.
5. Di akhir, siswa menyusun ulang kartu dalam urutan yang benar tanpa melihat papan.
6. Putaran kedua: guru “menyabotase” satu hal (misalnya Server DNS tidak menjawab, atau Web Server mengembalikan RST). Siswa menebak di mana percakapan terputus dan buktinya apa.

> **Mengapa cara sederhana ini berhasil**
> Memerankan paket membuat siswa merasakan bahwa setiap protokol adalah percakapan antarpihak dengan urutan tertentu. Cara ini juga menurunkan kecemasan siswa yang takut salah menekan tombol atau belum akrab dengan komputer.

BAHAN BACAAN

Lampiran 7. Ringkasan Cerita Paket untuk Guru

Bahan ringkas ini membantu Bapak/Ibu menjaga alur cerita agar tidak tersesat di tengah pelajaran. Alamat dan nama yang dipakai adalah alamat contoh, sebagaimana di NetTrace Lab.

Tahap	Yang terjadi	Apa yang berubah di laptop
DHCP	Laptop yang baru tersambung belum punya alamat. Ia menyiarkan Discover dari 0.0.0.0 ke 255.255.255.255. Server DHCP menawarkan alamat (Offer), laptop meminta (Request), server mengonfirmasi (Acknowledge).	IP, gateway, dan alamat DNS terisi.

Tahap	Yang terjadi	Apa yang berubah di laptop
ARP	Laptop ingin berbicara dengan gateway tetapi belum tahu alamat fisiknya. Ia menyiarkan ARP Request; gateway menjawab langsung kepada penanya.	Tabel ARP terisi.
DNS	Laptop menanyakan alamat IP sebuah nama kepada server DNS, lalu menerima jawaban beserta masa simpannya.	Cache DNS terisi.
TCP	Laptop dan web server berjabat tangan: SYN, SYN-ACK, ACK, sehingga koneksi terbentuk.	Koneksi TCP terbuka.
HTTP	Laptop meminta halaman; web server menjawab.	Halaman diterima.

Enam kasus diagnosis dan bukti utamanya

Gejala	Penyebab dan bukti
IP 169.254.x.x; gateway kosong	DHCP tidak menjawab: Discover berulang tanpa Offer.
Ping ke internet gagal; gateway 192.168.1.254	Gateway salah: ARP ke gateway tidak dijawab karena alamat tidak ada.
Ping 8.8.8.8 berhasil; nama situs tidak ditemukan	DNS laptop salah: kueri tidak dijawab.
Koneksi putus-nyambung; peringatan konflik IP	ARP dijawab dua MAC berbeda untuk satu IP.
Ping server berhasil; browser tidak bisa terhubung	SYN dibalas RST: layanan di port 80 tidak berjalan.
Ping gateway berhasil; ping 8.8.8.8 timeout	LAN sehat; masalah di sisi router ke internet.

CATATAN AKHIR

Penutup dan Daftar Pustaka

Terima kasih telah membaca sampai halaman ini. Modul ini lahir dari satu keyakinan kecil: bahwa sesuatu yang tidak terlihat bisa dibuat dapat disimak, dan bahwa guru yang sabar bertanya lebih banyak membantu siswa daripada guru yang tergesa-gesa menjelaskan.

Bila Bapak/Ibu mencobanya, apa pun hasilnya, penulis sangat berterima kasih jika berkenan berbagi: bagian mana yang berjalan baik, bagian mana yang tersendat, dan apa yang perlu diubah. Modul ini akan lebih baik karena kebaikan hati para guru yang mau mencoba dan jujur menilainya.

Efektivitas pembelajaran dengan modul dan media ini belum diuji secara luas. Penulis menyarankan evaluasi sederhana di kelas sendiri: soal awal, penerapan, soal akhir dengan butir setara, angket, dan catatan observasi guru, dengan hasil dibaca sebagai indikasi, bukan bukti mutlak.

Daftar Pustaka

Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah. (2025). *Permendikdasmen Nomor 13 Tahun 2025 tentang Perubahan atas Permendikbudristek Nomor 12 Tahun 2024 tentang Kurikulum pada PAUD, Jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Menengah*. Jakarta: Kemendikdasmen.

Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi. (2024). *Permendikbudristek Nomor 12 Tahun 2024 tentang Kurikulum pada PAUD, Jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Menengah*. Jakarta: Kemendikbudristek.

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

Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi. (2022). *Kurikulum Merdeka*. Jakarta: Kemendikbudristek.

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* (2nd ed.). Cambridge: Cambridge University Press.

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

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

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

IETF. RFC 768 (UDP), RFC 791 (IP), RFC 792 (ICMP), RFC 826 (ARP), RFC 1035 (DNS), RFC 2131 (DHCP), RFC 9110 dan RFC 9112 (HTTP), RFC 9293 (TCP).

Aliyudin. *NetTrace Lab: Simulator Analisis Paket Jaringan Offline Berbasis Penelusuran Bertahap untuk Pembelajaran Jaringan Dasar di SMK* (naskah karya inovasi pembelajaran).