

Elemen Teknologi Jaringan Kabel dan Nirkabel

Fase F

LKPD: Merancang dan Pemasangan Jaringan Fiber Optik Outdoor

Nama : Lydia Dwi Pertiwi

1. Informasi Umum

- **Mata Pelajaran:** Teknologi Jaringan Kabel dan Nirkabel (TJKN)
- **Kelas/Semester:** XII / Ganjil
- **Alokasi Waktu:** 5 Pertemuan
- **Kompetensi Dasar (KD):**
 - Menganalisis perancangan jaringan fiber optik outdoor.
 - Melakukan instalasi jaringan fiber optik outdoor.
- **Tujuan Pembelajaran:** Setelah menyelesaikan LKPD ini, peserta didik diharapkan mampu:
 - Mengidentifikasi komponen-komponen jaringan fiber optik outdoor.
 - Merancang topologi jaringan fiber optik outdoor sesuai studi kasus.
 - Melakukan persiapan dan pemasangan kabel fiber optik outdoor dengan benar.
 - Melakukan terminasi (splicing/konektorisasi) dan pengujian jaringan fiber optik outdoor.
 - Mengidentifikasi potensi masalah dan solusi dalam instalasi jaringan FO outdoor.

2. Petunjuk Penggunaan LKPD

1. Baca dan pahami setiap instruksi dengan seksama.
 2. Gunakan alat dan bahan sesuai prosedur keselamatan kerja.
 3. Diskusikan dengan kelompok.
 4. Catat semua hasil pengamatan dan identifikasi masalah yang ditemukan.
 5. Jawab setiap pertanyaan dan selesaikan tugas yang diberikan.
-

3. Teori Singkat

Fiber Optik (FO) adalah media transmisi data yang menggunakan cahaya sebagai pembawa sinyal. Keunggulan utamanya meliputi bandwidth yang sangat besar, kemampuan transmisi jarak jauh tanpa kehilangan sinyal signifikan, dan kekebalan terhadap interferensi elektromagnetik.

Kabel FO Outdoor dirancang khusus untuk kondisi lingkungan luar ruangan yang ekstrem (suhu, kelembaban, tekanan mekanis). Jenisnya meliputi:

- **Kabel Udara (Aerial):** Dipasang di tiang, memiliki selubung pelindung yang kuat dan biasanya dilengkapi kawat penggantung.
- **Kabel Tanam Langsung (Direct Buried):** Ditanam langsung di dalam tanah, dilengkapi lapisan pelindung anti-rodent dan moisture barrier.
- **Kabel dalam Duct (Duct Cable):** Dimasukkan ke dalam pipa pelindung (ducting) di bawah tanah, biasanya lebih tipis dari direct buried.

Komponen Utama Jaringan FO Outdoor:

- **Kabel Fiber Optik:** Single-mode (jarak jauh) atau Multi-mode (jarak pendek).
- **Perangkat Aktif:** **OLT** (Optical Line Terminal) di sisi penyedia, **ONU/ONT** (Optical Network Unit/Terminal) di sisi pelanggan, **Media Converter** untuk konversi sinyal optik ke elektrik.
- **Perangkat Pasif:**
 - **Splitter Optik:** Membagi sinyal optik ke beberapa jalur.
 - **ODC** (Optical Distribution Cabinet): Kabinet distribusi optik di luar ruangan.
 - **ODP** (Optical Distribution Point): Titik distribusi optik yang lebih kecil.
 - **Joint Closure:** Tempat penyambungan dan perlindungan serat optik.
 - **Roset Optik:** Kotak terminasi di sisi pelanggan.
 - **Pigtail & Patch Cord:** Kabel serat optik pendek dengan konektor di satu/kedua ujung.
 - **Konektor:** SC, LC, FC, dll., untuk menyambungkan kabel ke perangkat.

Peralatan Instalasi & Pengujian:

- **Fusion Splicer:** Alat untuk menyambung dua serat optik dengan fusi panas.

- **OTDR** (Optical Time Domain Reflectometer): Menguji panjang kabel, redaman, dan lokasi event (sambungan, patahan).
- **OPM** (Optical Power Meter) & **OLS** (Optical Light Source): Mengukur redaman total kabel.
- **Cleaver**: Pemotong serat optik presisi.
- **Stripper**: Pengupas lapisan pelindung serat.
- **VFL** (Visual Fault Locator): Menyalakan cahaya merah untuk mendeteksi patahan serat.

Keselamatan Kerja (K3): Sangat krusial dalam instalasi outdoor. Gunakan Alat Pelindung Diri (APD) seperti helm, sarung tangan, sepatu safety, dan rompi reflektif. Waspada terhadap bahaya listrik, ketinggian, dan lingkungan.

4. Alat dan Bahan

No.	Nama Alat/Bahan	Jumlah	Keterangan
A.	Alat		
1.	Fusion Splicer	1 unit	Untuk penyambungan serat optik
2.	OTDR (Optical Time Domain Reflectometer)	1 unit	Untuk pengujian kualitas link dan redaman event
3.	Optical Power Meter (OPM)	1 unit	Untuk mengukur redaman total
4.	Optical Light Source (OLS)	1 unit	Pasangan OPM untuk pengukuran redaman
5.	Fiber Cleaver	1 unit	Pemotong serat optik presisi
6.	Fiber Stripper (Miller Stripper)	1 unit	Pengupas lapisan serat optik
7.	VFL (Visual Fault Locator)	1 unit	Detektor patahan serat (cahaya merah)
8.	Tool kit kabel FO (tang potong, obeng, gunting kevlar, dll.)	1 set	Perlengkapan bantu

No.	Nama Alat/Bahan	Jumlah	Keterangan
9.	Tangga (jika simulasi pemasangan udara)	1 unit	Alat bantu ketinggian
10.	APAR (Alat Pemadam Api Ringan)	1 unit	Untuk keselamatan kerja
11.	Perlengkapan K3 (helm, sarung tangan, sepatu safety, rompi)	1 set/peserta	Wajib digunakan selama praktikum
B.	Bahan		
1.	Kabel Fiber Optik Outdoor	[Panjang sesuai skenario]	Single-mode/Multi-mode (sesuai kebutuhan)
2.	Pigtail / Patch Cord (sesuai konektor)	[Jumlah sesuai kebutuhan]	Untuk terminasi di Joint Closure/ODP
3.	Konektor FO (misal: SC/UPC, LC/UPC)	[Jumlah sesuai kebutuhan]	Untuk Pigtail/Patch Cord
4.	Joint Closure / ODC / ODP (miniatur/simulasi)	1 unit	Tempat penyambungan dan distribusi
5.	Alkohol Isopropil (IPA)	Secukupnya	Untuk membersihkan serat
6.	Tisu Pembersih Optik (Lint-free wipes)	Secukupnya	Untuk membersihkan serat
7.	Heat Shrink Sleeve	[Jumlah sesuai sambungan]	Pelindung hasil splicing
8.	Tali penarik kabel (pulling rope)	Secukupnya	Untuk simulasi penarikan kabel
9.	Klem kabel, selongsong pelindung	Secukupnya	Untuk tata rapi dan perlindungan

5. Langkah Kerja (Praktikum)

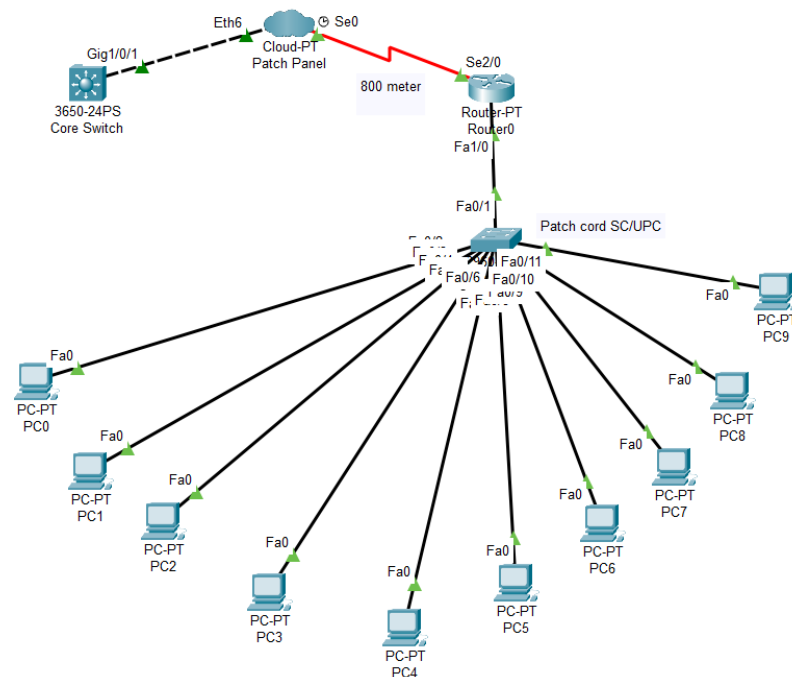
A. Perancangan Jaringan (Studi Kasus)

Skenario: Sebuah pabrik baru akan dibangun di kawasan industri dan membutuhkan koneksi internet berkecepatan tinggi dari gedung pusat kontrol yang berjarak **800 meter**. Lingkungan antara gedung pusat dan pabrik adalah **area terbuka dengan kemungkinan penanaman kabel**

di bawah tanah (ducting) atau pemasangan melalui tiang listrik yang sudah ada. Pabrik tersebut memerlukan 10 titik koneksi LAN.

Tugas Perancangan:

1. Gambarlah **topologi jaringan fiber optik** yang Anda usulkan untuk studi kasus di atas. Gunakan simbol standar jaringan.



2. Identifikasi dan jelaskan **jenis kabel FO outdoor** yang paling sesuai untuk skenario ini, serta alasannya (misal: single-mode/multi-mode, jenis konstruksi outdoor).

Single mode, karena mengobservasi dari jarak (800m), menggunakan single mode lebih efisien mulai dari jarak penggunaan, bandwidth, dan juga redaman yang rendah.

Kabel : 2–4 core (min. 2 core aktif + cadangan).

Alasan: jarak jauh, redaman rendah, kompatibel SFP 1310/1550 nm.

3. Daftarkan **komponen aktif dan pasif** yang dibutuhkan beserta perkiraan jumlahnya untuk menghubungkan gedung pusat kontrol ke pabrik dan mendistribusikan koneksi di dalam pabrik.

Aktif

• 2× SFP 1G LX (1310 nm, SM) atau 2× media converter 1G SM (pilih salah satu).
• 1× Core/Distribution switch di pusat (diasumsikan sudah ada).
• 1× Switch 24-port gigabit di pabrik (untuk 10 titik LAN + ekspansi).

Pasif

• FO OS2 duct 2–4 core: ± 900 m (lihat perhitungan di butir 4).
• 2× Patch panel FO (pusat & pabrik) + adaptor SC/UPC.
• 4–6× Pigtail SC/UPC.
• 2–4× Patch cord SC-SC.
• 1× ODC/ODP mini + tray.
• 0–1× Joint closure (bila perlu sambungan tengah).
• Kabel UTP Cat6 ± 300 m total untuk 10 titik (estimasi 10–30 m per titik).
• Aksesoris: klem, marker, label heat-shrink, earthing strap.

4. Perkirakan **panjang total kabel FO** yang diperlukan.

■ Jalur lurus: 800 m
■ Slack konstruksi 5%: +40 m
■ Slack pemeliharaan 5%: +40 m

🔧 Service loop masuk gedung (2×10 m): +20 m
Total ≈ 900 m (disarankan pesan **1 km** untuk cadangan).

5. Buat daftar **peralatan instalasi dan pengujian** yang akan digunakan.

Fusion splicer, OTDR, OPM+OLS, cleaver, stripper, VFL, tool kit FO, tangga (jika dibutuhkan), APD lengkap, APAR.

6. Sebutkan minimal 3 (tiga) **rencana keselamatan kerja (K3)** yang harus diperhatikan selama instalasi jaringan FO outdoor pada skenario ini.

🔧 **APD wajib:** helm, sarung tangan, sepatu safety, rompi reflektif.

🔧 **LOTO & izin kerja:** koordinasi dengan pengelola utilitas/kelistrikan sebelum gali/naik tiang.

🔧 **Manajemen area kerja:** rambu, pembatas area, spotter saat penarikan kabel.
Tambahan: cek cuaca (jika aerial), hindari radius tekuk < rekomendasi, jaga kebersihan serat (fragile)

B. Persiapan Alat dan Bahan

1. Siapkan semua alat dan bahan yang tercantum pada daftar.
2. Periksa kondisi alat dan bahan, pastikan berfungsi dengan baik dan aman untuk digunakan.
3. Pastikan Anda telah mengenakan **Alat Pelindung Diri (APD)** yang sesuai (helm, sarung tangan, sepatu safety, rompi reflektif).

C. Prosedur Pemasangan Kabel FO Outdoor (Simulasi/Miniatur)

1. Simulasi Penarikan/Bentangan Kabel:

- Jika menggunakan simulasi penarikan di ducting, masukkan tali penarik ke dalam pipa simulasi. Ikat ujung kabel FO pada tali penarik dan tarik perlahan hingga kabel melewati seluruh jalur.

- Jika simulasi pemasangan udara, bentangkan kabel FO di antara tiang-tiang miniatur/penopang. Pastikan kabel tidak tegang berlebihan atau melengkung tajam.
- Perhatikan **radius tekuk minimum** kabel FO agar serat tidak rusak.

2. Pemotongan dan Pengupasan Kabel:

- Ukur panjang kabel yang akan diproses (misalnya untuk terminasi di Joint Closure/ODP).
- Gunakan **fiber stripper** untuk mengupas lapisan luar kabel, tube (jika ada), dan coating serat optik dengan hati-hati. Pastikan serat optik yang terbuka bersih dari sisa-sisa coating atau gel.
- Bersihkan serat yang terbuka dengan **alkohol isopropil** dan **tisu pembersih optik** hingga bersih.

D. Terminasi dan Splicing

1. Penyiapan Pigtail/Patch Cord:

- Siapkan pigtail/patch cord yang akan disambungkan dengan kabel FO utama.
- Bersihkan konektor dan serat pigtail/patch cord.

2. Proses Splicing (Penyambungan Serat):

- Nyalakan **fusion splicer**.
- Gunakan **fiber cleaver** untuk memotong ujung serat kabel FO dan pigtail/patch cord secara presisi dengan sudut 90 derajat. Pastikan permukaan potongan sangat rata dan bersih.
- Letakkan serat yang sudah di-cleave ke dalam V-groove pada fusion splicer.
- Tutup pelindung splicer dan mulai proses splicing. Amati pada layar splicer, pastikan proses fusi berjalan baik dan loss (redaman) yang dihasilkan rendah (biasanya <0.05dB).
- Setelah splicing selesai, pasang **heat shrink sleeve** pada sambungan untuk melindunginya. Panaskan hingga menyusut dan melekat sempurna.

3. Pemasangan di Joint Closure/ODC/ODP (Simulasi):

- Atur dan tata hasil splicing serta sisa panjang serat di dalam **tray serat optik** pada joint closure/ODC/ODP. Pastikan serat tersusun rapi, tidak melengkung terlalu tajam, dan terlindungi.
- Tutup joint closure/ODC/ODP dengan rapat dan aman.
-

E. Pengujian Jaringan Fiber Optik

1. Pengujian Kontinuitas (VFL):

- Hubungkan **VFL** pada salah satu ujung serat/konektor yang sudah terminasi.
- Amati ujung serat yang lain. Jika ada cahaya merah yang terlihat, serat tersebut kontinu. Jika tidak, atau cahaya terputus di tengah, kemungkinan ada patahan atau masalah lain.

2. Pengujian Redaman (OPM & OLS):

- Hubungkan **OLS** pada salah satu ujung kabel FO yang sudah terminasi.
- Hubungkan **OPM** pada ujung kabel FO yang lain.
- Nyalakan OLS dan OPM. Catat nilai redaman (dalam dB) yang terbaca pada OPM. Bandingkan dengan nilai redaman standar yang diizinkan untuk panjang kabel tersebut.

3. Pengujian Jarak dan Kualitas (OTDR):

- Hubungkan **OTDR** pada salah satu ujung kabel FO yang sudah terminasi.
- Lakukan scan pada OTDR. Atur parameter sesuai panjang dan jenis kabel.
- Analisis grafik hasil scan OTDR. Identifikasi "event" (titik sambungan, konektor, patahan, ujung kabel) dan catat nilai redaman pada setiap event.
- Evaluasi kualitas keseluruhan link berdasarkan kurva OTDR (misal: smoothness, adanya refleksi tinggi).

6. Hasil Pengamatan dan Analisis

A. Hasil Pengujian Redaman (OPM & OLS)

Titik Pengujian	Panjang Kabel Terukur (m)	Redaman Terukur (dB)	Redaman Standar (dB/km)	Redaman Ideal (dB) (Panjang x Standar)	Keterangan (Baik/Tidak Baik)
Link Utama Pabrik	900	0.35	0.315 (kabel) + 0.40 (2 konektor) + 0.10 (2 splice) $\approx$ 0.83	0.55–0.90	Baik bila ≤ 0.9 dB

B. Analisis Data OTDR

- **Jelaskan event-event** apa saja yang terdeteksi pada grafik OTDR (misalnya: konektor, splicing, ujung kabel).

📌 Event terdeteksi: konektor awal (~ 0.2 dB, reflektif), splice tengah (~ 0.05 dB, non-reflektif), konektor akhir (~ 0.2 dB, reflektif), end-of-fiber.
📌 Nilai redaman per event sesuai standar (≤ 0.2 dB konektor, ≤ 0.1 dB splice).
📌 Kurva halus tanpa lonjakan refleksi tinggi $\Rightarrow$ tidak ada micro-bend/patahan

- **Bagaimana nilai redaman** pada setiap event? Apakah sesuai standar?

Nilai redaman tiap event masih sesuai standar (kabel $\pm 0,35$ dB/km, konektor $\leq 0,3$ dB, splice $\leq 0,1$ dB) dengan total sekitar 0,8 dB pada jalur 900 m, sehingga link dinyatakan **baik dan layak digunakan**.

- **Evaluasi kualitas keseluruhan link** berdasarkan bentuk kurva OTDR. Apakah ada refleksi berlebihan atau patahan yang terdeteksi?

Berdasarkan hasil analisis kurva OTDR, kualitas keseluruhan link dinyatakan **baik** karena kurva terlihat **halus dan konsisten** tanpa lonjakan signifikan yang menandakan refleksi berlebihan maupun patahan serat. Event yang muncul hanya berupa konektor dan splice dengan **redaman sesuai standar** ($\leq 0,3$ dB untuk konektor dan $\leq 0,1$ dB untuk splice), sehingga **tidak ditemukan indikasi kerusakan atau gangguan serius** pada jalur fiber optik.

C. Identifikasi Masalah & Solusi

No.	Masalah yang Ditemukan Selama Praktikum	Penyebab yang Diperkirakan	Solusi yang Dilakukan/Disarankan
1.	Loss OPM > ambang	Konektor kotor/buram	Bersihkan ferrule dengan IPA & lint-free; ulang uku
2.	Event reflektif tinggi di OTDR	Konektor longgar / APC vs UPC	Kencangkan, samakan tipe konektor, ganti adaptor
3.	Redaman melonjak di segmen tengah	Micro-bend/ radius tekuk, di bawah standar minimum.	Tata ulang jalur, pasang klem yang benar, tambahkan slack tray

7. Diskusi dan Pertanyaan

1. Jelaskan fungsi masing-masing komponen pasif berikut dalam jaringan FO outdoor: **Joint Closure, ODP, dan Splitter Optik!**

🔌 **Joint Closure:** rumah proteksi sambungan & tray, tahan air/debu, untuk splicing dan manajemen cadangan.

🔌 **ODP:** titik distribusi kecil ke pelanggan/ruang, tempat terminasi & patching.

🔌 **Splitter optik:** membagi daya optik ke multi-jalur (PON).

2. Mengapa **keselamatan kerja (K3)** sangat penting dalam instalasi jaringan FO outdoor? Berikan minimal 3 (tiga) contoh bahaya yang mungkin terjadi dan bagaimana cara menghindarinya!

K3 sangat penting karena pekerjaan outdoor berisiko listrik, jatuh dari ketinggian, dan lalu lintas alat berat. Contoh bahaya & mitigasi:
listrik induksi (LOTO, jarak aman), jatuh (APD, lifeline), tertabrak/terpeleset (rambu & housekeeping).

3. Apa perbedaan utama antara **kabel FO indoor dan outdoor** dari segi konstruksi dan material?

Outdoor: sheath lebih tebal, UV/kelembaban/rodent resistant, bisa berarmor.

Indoor: LSZH, fleksibel, tidak untuk kondisi ekstrem.

4. Bagaimana Anda menentukan **jenis kabel FO (single-mode atau multi-mode)** yang paling tepat untuk suatu studi kasus perancangan, khususnya untuk jarak jauh seperti pada skenario ini?

Jarak & kapasitas: **>500 m pilih single-mode (OS2)** karena loss rendah & upgrade mudah; multi-mode untuk jarak pendek (gedung).

5. Jika hasil pengujian redaman menggunakan OPM melebihi batas toleransi yang diizinkan, apa saja **kemungkinan penyebabnya** dan bagaimana **cara mengatasinya**?

OPM loss melewati ambang – kemungkinan: konektor kotor/ salah tipe, splice jelek, radius tekuk kecil, mismatch panjang gelombang/alat, kerusakan serat. Tindak: bersihkan, re-splice, tata ulang, pastikan panjang gelombang benar, ganti segmen cacat.

6. Jelaskan **prinsip kerja fusion splicer** secara singkat dan mengapa **hasil cleaving serat harus sangat presisi**?

Prinsip kerjanya yaitu **menyelaraskan** inti dua serat (V-groove/active alignment), memanaskan hingga menyatu; **cleave presisi 90°** wajib agar permukaan kontak rata ⇒ **loss & refleksi rendah**.

7. Mengapa diperlukan pengujian menggunakan **OTDR** selain OPM/OLS untuk memvalidasi kualitas instalasi jaringan FO?

OTDR diperlukan karena OPM hanya beri total loss; sedangkan **OTDR memetakan lokasi & jenis event** (konektor, splice, patahan) beserta jaraknya, sehingga akurat untuk troubleshooting & acceptance test.

8. Kesimpulan

Tuliskan kesimpulan dari praktikum yang telah Anda lakukan.

- Apa saja pelajaran penting yang Anda peroleh dari praktikum perancangan dan pemasangan jaringan fiber optik outdoor ini?

Pentingnya kebersihan konektor, radius tekuk minimum, splicing presisi, serta dokumentasi hasil OTDR/OPM.

- Bagaimana pentingnya perancangan yang matang sebelum melakukan proses instalasi?

■ Backbone **SM OS2** dengan pemasangan **dalam duct** paling sesuai untuk jarak 800 m dan lingkungan industri.

■ Perencanaan jalur, cadangan slack, dan pemilihan komponen yang kompatibel menurunkan risiko kegagalan.

■ Hasil uji OPM & OTDR menunjukkan redaman dalam batas, event normal, dan tidak ada refleksi berlebih.

■ K3 menjadi faktor kunci keberhasilan dan keselamatan tim selama instalasi.

- Sebutkan poin-poin krusial yang harus diperhatikan untuk menjamin keberhasilan instalasi jaringan FO outdoor.

Pemilihan kabel & konektor, manajemen slack, proteksi sambungan (closure), labeling, dan uji komprehensif (OPM+OTDR)

9. Pembuatan Topologi

