

Penerapan *Content-Based Filtering* Untuk Rekomendasi *Troubleshooting* Jaringan Fiber Optik

Daffa Ebtra Satria^{1*}, Joni Maulindar², Vihi Atina³

¹Teknik Informatika
Universitas Duta Bangsa
^{1*}220103052@mhs.udb.ac.id

²Fakultas Ilmu Komputer
Universitas Duta Bangsa
²joni_maulindar@udb.ac.id

³Fakultas Ilmu Komputer
Universitas Duta Bangsa
³vihi_atina@udb.ac.id

Abstrak— Jaringan fiber optik merupakan infrastruktur utama dalam sistem telekomunikasi modern dengan keunggulan kecepatan dan kapasitas *Bandwidth*, namun tetap rentan terhadap gangguan seperti redaman tinggi, kerusakan konektor, dan kondisi kabel yang tidak optimal. Proses *troubleshooting* di lapangan masih bergantung pada pengalaman teknisi sehingga kurang efisien dan belum memanfaatkan data historis secara optimal. Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan metode *Content-based filtering* untuk memberikan rekomendasi *troubleshooting* berbasis data historis gangguan. Metode penelitian meliputi pengumpulan data dari observasi lapangan dan *dataset* eksternal, *Preprocessing*, ekstraksi fitur, representasi data dalam bentuk vektor, serta perhitungan kemiripan menggunakan *cosine similarity*. Atribut yang digunakan meliputi jenis konektor, kondisi kabel, indikator lampu modem, dan status koneksi, sedangkan nilai redaman hanya digunakan sebagai indikator awal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem menghasilkan nilai kemiripan yang variatif dengan nilai *similarity* tertinggi mencapai 1.000, yang menunjukkan kecocokan sempurna antara kasus baru dan data historis. Hasil tersebut digunakan sebagai dasar rekomendasi *troubleshooting* yang relevan, sehingga sistem mampu membantu teknisi dalam mempercepat identifikasi dan penanganan gangguan secara lebih sistematis dan efisien.

Kata kunci— *Content-based filtering*, *Fiber Optik*, *Troubleshooting*, *Cosine similarity*, *Sistem Rekomendasi*

Abstract— Fiber-optic networks are a key infrastructure component in modern telecommunications systems, offering advantages in speed and *Bandwidth* capacity; however, they remain vulnerable to issues such as *High Attenuation*, connector damage, and suboptimal cable conditions. The *troubleshooting* process in the field still relies heavily on technicians' experience, making it inefficient and failing to make optimal use of historical data. This study aims to implement a *Content-based filtering* method to provide *troubleshooting* recommendations based on historical fault data. The research methodology includes data collection from field observations and external datasets, *Preprocessing*, feature extraction, data representation in vector form, and *similarity* calculations using *cosine similarity*. The attributes used include connector type, cable condition, modem indicator lights, and connection status, while attenuation values are used only as an initial indicator. The results show that the system generates varying *similarity* scores, with the highest reaching 1.000, indicating a perfect match between new cases and historical data. These results serve as the basis for relevant *troubleshooting* recommendations, enabling the system to help technicians identify and resolve issues more systematically and efficiently.

Keywords— *Content-based filtering*, *Fiber Optics*, *Troubleshooting*, *Cosine similarity*, *Recommendation Systems*

I. PENDAHULUAN

Jaringan fiber optik merupakan infrastruktur utama dalam sistem telekomunikasi modern karena kemampuannya dalam menyediakan kecepatan transmisi tinggi, kapasitas *Bandwidth* besar, serta latensi yang rendah sehingga mampu mendukung kebutuhan layanan digital secara optimal [1]. Teknologi fiber optik banyak digunakan pada layanan internet, komunikasi data, hingga jaringan *Backbone* karena memiliki performa transmisi yang lebih baik dibandingkan media konvensional. Meskipun demikian, dalam implementasinya jaringan fiber optik tetap rentan

terhadap berbagai gangguan, seperti redaman tinggi, kerusakan konektor, pembengkokan kabel (bending), serta faktor lingkungan yang dapat menurunkan kualitas layanan jaringan [2].

Gangguan pada jaringan fiber optik umumnya dapat diidentifikasi melalui parameter teknis, seperti hasil pengukuran *Optical Time Domain Reflectometer* (OTDR), nilai redaman, kondisi fisik kabel, serta indikator perangkat jaringan [3]. Analisis gangguan jaringan fiber optik berbasis data historis juga dinilai mampu membantu proses identifikasi dan penanganan gangguan secara lebih sistematis melalui

pendekatan analisis data dan pemodelan kasus gangguan [4]. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa analisis data teknis jaringan fiber optik dapat digunakan untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan jenis gangguan secara akurat melalui teknik ekstraksi fitur dan pemodelan data [5]. Selain itu, beberapa penelitian berbasis *Machine Learning* juga telah berhasil meningkatkan proses identifikasi gangguan jaringan fiber optik secara otomatis [6]. Namun, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada proses deteksi dan klasifikasi gangguan tanpa memberikan rekomendasi tindakan perbaikan (*troubleshooting*) secara langsung.

Dalam praktik di lapangan, proses *troubleshooting* jaringan *fiber optik* masih sangat bergantung pada pengalaman teknisi dalam mengidentifikasi penyebab gangguan dan menentukan tindakan perbaikan yang tepat. Ketergantungan tersebut dapat menyebabkan proses diagnosis menjadi kurang efisien dan membutuhkan waktu lebih lama, terutama pada jaringan dengan kompleksitas yang tinggi atau ketika ditangani oleh teknisi yang belum memiliki pengalaman memadai [7]. Selain itu, data historis gangguan yang sebenarnya dapat dimanfaatkan sebagai sumber pengetahuan (*knowledge base*) dalam proses pengambilan keputusan teknis masih belum dimanfaatkan secara optimal pada banyak sistem pemeliharaan jaringan. Pemanfaatan data historis untuk mendukung diagnosis dan pemberian rekomendasi penanganan gangguan terbukti mampu meningkatkan efektivitas proses identifikasi, mempercepat penentuan solusi, serta mendukung pengambilan keputusan yang lebih sistematis.

Meskipun berbagai penelitian telah berhasil melakukan deteksi dan klasifikasi gangguan jaringan fiber optik, sebagian besar penelitian masih berfokus pada identifikasi jenis gangguan tanpa memberikan rekomendasi tindakan perbaikan secara langsung. Selain itu, pemanfaatan data historis gangguan sebagai dasar pengambilan keputusan teknis masih belum dilakukan secara optimal. Kondisi tersebut menunjukkan adanya *Research Gap* dalam

pengembangan sistem rekomendasi *troubleshooting* berbasis karakteristik teknis jaringan fiber optik.

Sistem rekomendasi merupakan salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk mendukung pengambilan keputusan dengan memberikan saran berdasarkan data yang tersedia [9]. Salah satu metode yang sesuai untuk permasalahan tersebut adalah *Content-based filtering* (CBF), yaitu metode yang bekerja dengan memanfaatkan kesamaan karakteristik antar data untuk menghasilkan rekomendasi [10]. Metode ini memiliki keunggulan karena tidak bergantung pada data interaksi pengguna dan mampu bekerja dengan baik pada data yang memiliki atribut teknis yang terdefinisi dengan jelas. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa metode *Content-based filtering* dengan *cosine similarity* mampu menghasilkan rekomendasi yang relevan pada berbagai domain, seperti sistem rekomendasi buku, produk, dan rekomendasi akademik [11], [12]. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa metode *cosine similarity* mampu menghasilkan pengukuran kemiripan yang stabil pada sistem rekomendasi berbasis atribut dan konten [13]. Namun, penerapan metode tersebut pada domain *troubleshooting* jaringan fiber optik masih jarang dilakukan, khususnya yang memanfaatkan atribut teknis lapangan sebagai dasar perhitungan kemiripan kasus gangguan.

Beberapa penelitian juga telah mengembangkan sistem rekomendasi untuk mendukung proses *troubleshooting* pada berbagai domain. Penelitian oleh Safitri et al. [6] menerapkan metode *Content-Based Filtering* untuk menghasilkan rekomendasi buku berdasarkan karakteristik konten dan menunjukkan bahwa pendekatan tersebut mampu memberikan rekomendasi yang relevan. Astuti dan Andriyani [14] memanfaatkan *Content-Based Filtering* pada sistem rekomendasi pembimbing tugas akhir dengan memanfaatkan kemiripan atribut sebagai dasar rekomendasi. Selain itu, Negara et al. [12] mengimplementasikan metode *Content-Based Filtering* pada *NFT Marketplace* dan membuktikan bahwa pendekatan berbasis

kemiripan konten mampu menghasilkan rekomendasi yang sesuai dengan karakteristik data. Meskipun penelitian-penelitian tersebut menunjukkan keberhasilan penerapan *Content-Based Filtering* pada berbagai bidang, implementasinya sebagai sistem rekomendasi *troubleshooting* jaringan fiber optik berbasis data historis gangguan masih sangat terbatas.

Berdasarkan hasil telaah terhadap penelitian terdahulu, belum ditemukan penelitian yang menerapkan metode *Content-Based Filtering* untuk menghasilkan rekomendasi *troubleshooting* jaringan fiber optik berbasis atribut teknis lapangan dan data historis gangguan. Oleh karena itu, penelitian ini dikembangkan untuk mengisi kesenjangan tersebut melalui pemanfaatan metode *cosine similarity* dalam proses perhitungan tingkat kemiripan antar kasus gangguan.

Kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan metode *Content-based Filtering* untuk menghasilkan rekomendasi *troubleshooting* jaringan fiber optik berdasarkan kemiripan atribut teknis lapangan dan data historis gangguan. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya berfokus pada deteksi atau klasifikasi gangguan, penelitian ini menghasilkan rekomendasi tindakan perbaikan secara langsung melalui perhitungan *cosine similarity*. Pendekatan tersebut memungkinkan data historis dimanfaatkan sebagai basis pengetahuan dalam mendukung proses pengambilan keputusan teknis.

Kontribusi penelitian ini adalah menghasilkan sistem rekomendasi *troubleshooting* yang mampu membantu teknisi dalam menentukan tindakan perbaikan secara lebih sistematis dan efisien berdasarkan kemiripan kasus gangguan sebelumnya. Sistem yang dikembangkan juga memanfaatkan data historis sebagai basis pengetahuan dalam mendukung pengambilan keputusan teknis pada jaringan fiber optik.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem rekomendasi *troubleshooting* jaringan fiber optik menggunakan metode *Content-based filtering* dengan pendekatan *cosine similarity*

untuk menentukan tingkat kemiripan antar kasus gangguan berdasarkan data historis. Penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan rekomendasi *troubleshooting* yang relevan sehingga dapat membantu mempercepat proses identifikasi dan penanganan gangguan jaringan fiber optik secara lebih efektif dan terstruktur.

II. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Jenis dan Sumber Data

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Content-based filtering* untuk menghasilkan rekomendasi *troubleshooting* gangguan jaringan fiber optik berdasarkan kemiripan data historis gangguan. Metode *Content-based filtering* dipilih karena mampu menghasilkan rekomendasi berdasarkan karakteristik atribut data tanpa bergantung pada interaksi pengguna. Pendekatan ini banyak digunakan pada sistem rekomendasi berbasis atribut karena mampu menghasilkan rekomendasi yang relevan berdasarkan karakteristik data yang dimiliki [15]. Pendekatan ini sesuai diterapkan pada kasus *troubleshooting* jaringan fiber optik yang memiliki atribut teknis terstruktur, seperti jenis konektor, kondisi kabel, indikator lampu modem, dan status koneksi. Sementara itu, metode *cosine similarity* digunakan karena mampu mengukur tingkat kedekatan antar data vektor secara stabil dan efektif dalam sistem rekomendasi berbasis konten.

Penelitian ini menggunakan data kuantitatif dan kualitatif yang bersumber dari data historis gangguan jaringan fiber optik. Dataset yang digunakan terdiri dari beberapa parameter teknis yang umum digunakan dalam proses pemeliharaan dan *troubleshooting* jaringan, meliputi nilai redaman, jenis konektor, kondisi kabel, indikator lampu modem, status koneksi, dan solusi perbaikan gangguan.

Sumber data pada penelitian ini dibagi menjadi dua jenis, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi lapangan dan wawancara dengan teknisi jaringan di PT Amannet. Melalui observasi lapangan diperoleh data mengenai nilai redaman (*attenuation*), jenis konektor yang

digunakan, kondisi fisik kabel fiber optik, indikator lampu modem, status koneksi jaringan, serta tindakan *troubleshooting* yang dilakukan pada setiap kasus gangguan. Sementara itu, wawancara dengan teknisi digunakan untuk memperoleh informasi mengenai prosedur identifikasi gangguan, urutan penanganan (*troubleshooting*), faktor-faktor yang memengaruhi pengambilan keputusan teknis, serta validasi terhadap solusi penanganan yang digunakan pada data historis. Adapun data sekunder diperoleh melalui studi literatur dari jurnal ilmiah, buku, dan penelitian terdahulu yang membahas sistem rekomendasi, *Content-Based Filtering*, metode *cosine similarity*, serta pemeliharaan dan *troubleshooting* jaringan fiber optik.

Data yang telah dikumpulkan kemudian digunakan sebagai basis pengetahuan dalam sistem rekomendasi. Setiap data gangguan direpresentasikan berdasarkan atribut teknis yang dimiliki sehingga dapat digunakan dalam proses perhitungan tingkat kemiripan antar kasus gangguan.

2.2. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dilakukan secara sistematis mulai dari pengumpulan data hingga menghasilkan rekomendasi *troubleshooting* berdasarkan tingkat kemiripan kasus gangguan. Secara umum, tahapan penelitian meliputi proses pengumpulan data, *Preprocessing* data, ekstraksi fitur, representasi data, perhitungan *cosine similarity*, dan proses rekomendasi.

a. Pengumpulan Data

Tahap awal penelitian dilakukan dengan mengumpulkan data gangguan jaringan fiber optik melalui observasi lapangan, wawancara dengan teknisi jaringan, dan studi literatur. Data yang dikumpulkan meliputi nilai redaman, jenis konektor, kondisi kabel, indikator lampu modem, status koneksi, serta solusi perbaikan gangguan.

b. *Preprocessing* data

Tahap *Preprocessing* bertujuan untuk memastikan kualitas dan konsistensi data sebelum dilakukan proses perhitungan *similarity*. Proses yang dilakukan meliputi pembersihan data

yang tidak lengkap, penyesuaian atribut data, serta transformasi data kategorikal menjadi bentuk numerik agar dapat diproses dalam sistem rekomendasi.

$$\text{Similarity}(A, B) = \frac{A \cdot B}{|A| \times |B|}$$

Keterangan :

- 1) A = vektor data gangguan baru
- 2) B = vektor data historis
- 3) A · B = hasil perkalian titik (dot product)
- 4) |A| = panjang vektor data baru
- 5) |B| = panjang vektor data historis

c. Ekstraksi Fitur

Tahap ekstraksi fitur dilakukan untuk menentukan atribut yang digunakan sebagai dasar dalam proses perhitungan kemiripan antar data gangguan. Fitur yang digunakan dalam penelitian ini meliputi jenis konektor, kondisi kabel, indikator lampu modem, dan status koneksi. Pemilihan fitur dilakukan berdasarkan relevansinya terhadap proses *troubleshooting* jaringan fiber optik di lapangan.

d. Representasi Data

Tahap representasi data dilakukan dengan mengubah seluruh atribut kategorikal ke dalam bentuk vektor numerik menggunakan teknik *Encoding*. Representasi data bertujuan agar setiap data gangguan dapat diproses secara matematis pada tahap perhitungan *similarity*. Representasi ini memfasilitasi kapasitas sistem untuk secara matematis membandingkan data interferensi baru dengan kumpulan data historis.

e. Perhitungan *Similarity*

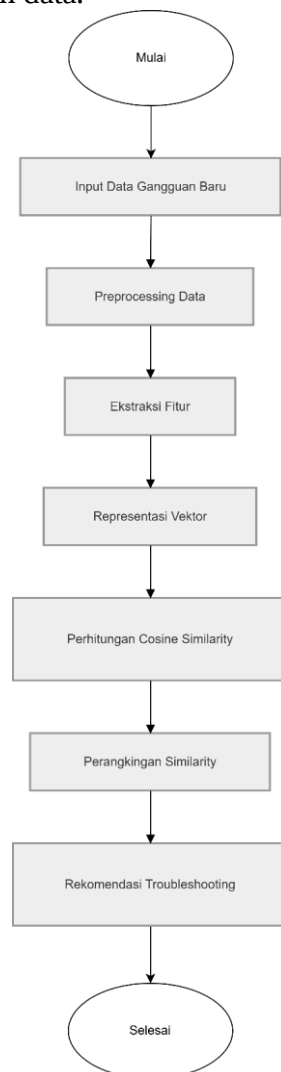
Tahap selanjutnya adalah melakukan perhitungan tingkat kemiripan antara data gangguan baru dan data historis menggunakan metode *cosine similarity*. Metode ini digunakan untuk mengukur tingkat kedekatan antar vektor berdasarkan sudut yang terbentuk di antara kedua vektor dalam ruang multidimensi.

f. Proses Rekomendasi

Tahap akhir penelitian adalah proses rekomendasi *troubleshooting*. Pada tahap ini, sistem melakukan perbandingan berdasarkan nilai *similarity* tertinggi dari seluruh data historis. Data historis yang memiliki nilai *similarity*

tertinggi dianggap sebagai kasus yang paling relevan terhadap data gangguan baru sehingga solusi perbaikannya digunakan sebagai rekomendasi *troubleshooting*.

Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai alur kerja sistem yang dibangun, tahapan penelitian dalam pengembangan sistem rekomendasi ini disajikan dalam bentuk diagram alur (flowchart). Diagram berikut menggambarkan proses secara sistematis mulai dari input data gangguan hingga dihasilkan rekomendasi *troubleshooting* berdasarkan tingkat kemiripan data.



Gambar 1. Alur Proses Rekomendasi

Gambar 1 menunjukkan alur kerja sistem rekomendasi yang dimulai dari input data gangguan baru, proses *Preprocessing* data, ekstraksi fitur, representasi vektor, perhitungan

cosine similarity, hingga proses perangkingan untuk menghasilkan rekomendasi *troubleshooting* berdasarkan data historis yang paling relevan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Dataset Pengujian (Input Data)

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini merupakan kumpulan data historis gangguan jaringan fiber optik yang berasal dari PT Amannet sebagai penyedia layanan internet berbasis fiber optik. Data dikumpulkan melalui kegiatan observasi lapangan, dokumentasi riwayat gangguan, dan wawancara dengan teknisi selama pelaksanaan penelitian pada periode Desember 2025. Dataset terdiri atas 15 data historis gangguan yang digunakan sebagai basis pengetahuan dalam sistem rekomendasi. Melalui observasi diperoleh data teknis berupa nilai redaman, jenis konektor, kondisi kabel, indikator lampu modem, status koneksi, dan tindakan penanganan gangguan. Sementara itu, wawancara dengan teknisi menghasilkan informasi mengenai prosedur identifikasi gangguan, urutan proses *troubleshooting*, serta validasi solusi perbaikan yang digunakan pada setiap kasus. Seluruh data tersebut kemudian digunakan sebagai dasar dalam proses perhitungan kemiripan menggunakan metode *Content-Based Filtering*. Atribut yang digunakan meliputi:

- Nilai redaman (dBm)
- Jenis konektor
- Kondisi kabel
- Indikator lampu modem
- Status koneksi
- Solusi perbaikan

Nilai redaman digunakan sebagai indikator awal kondisi jaringan, namun tidak dilibatkan dalam perhitungan *similarity*. Berikut merupakan dataset yang digunakan :

Tabel 1. Dataset Gangguan Jaringan

ID	Redaman	Konektor	Kabel	Lampu	Status	Solusi
----	---------	----------	-------	-------	--------	--------

D1	-25	SC/APC	Baik	Hijau	Normal	Periksa sambungan
D2	-30	SC/APC	Buruk	Mati	Down	Ganti kabel
D3	-20	SC/UPC	Baik	Hijau	Normal	Bersihkan konektor
D4	-28	SC/APC	Sedang	Merah	Intermittent	Perbaiki jalur
D5	-18	SC/UPC	Baik	Hijau	Normal	Monitoring
D6	-35	SC/APC	Buruk	Mati	Down	Ganti kabel
D7	-22	SC/UPC	Sedang	Merah	Intermittent	Bersihkan konektor
D8	-27	SC/APC	Baik	Hijau	Normal	Periksa sambungan
D9	-15	SC/UPC	Baik	Hijau	Normal	Monitoring
D10	-32	SC/APC	Buruk	Merah	Down	Perbaiki jalur
D11	-24	SC/UPC	Sedang	Merah	Intermittent	Bersihkan konektor
D12	-29	SC/APC	Sedang	Merah	Intermittent	Periksa sambungan
D13	-17	SC/UPC	Baik	Hijau	Normal	Monitoring
D14	-33	SC/APC	Buruk	Mati	Down	Ganti kabel
D15	-21	SC/UPC	Sedang	Merah	Intermittent	Bersihkan konektor

Berdasarkan Tabel 1, dapat dilihat bahwa dataset terdiri dari berbagai data gangguan yang memiliki variasi karakteristik teknis yang cukup beragam. Nilai redaman digunakan sebagai indikator tingkat penurunan kualitas sinyal, dimana nilai yang semakin kecil (lebih negatif) menunjukkan kondisi jaringan yang semakin buruk. Namun, dalam penelitian ini nilai redaman tidak digunakan dalam proses perhitungan *similarity*, melainkan hanya sebagai referensi kondisi awal jaringan.

Jenis konektor yang digunakan dalam dataset terdiri dari SC/APC dan SC/UPC, yang masing-masing memiliki karakteristik berbeda dalam hal performa transmisi sinyal. Perbedaan jenis konektor ini dapat mempengaruhi kualitas jaringan dan menjadi salah satu faktor penting dalam proses *troubleshooting*. Kondisi kabel diklasifikasikan menjadi tiga kategori, yaitu baik, sedang, dan buruk. Kategori ini menggambarkan kondisi fisik kabel di lapangan yang dapat mempengaruhi terjadinya gangguan, seperti

kabel yang tertekuk (*bending*), rusak, atau mengalami degradasi [1].

Selain itu, indikator lampu modem digunakan sebagai representasi kondisi perangkat jaringan di sisi pengguna. Lampu berwarna hijau menunjukkan kondisi normal, merah menunjukkan adanya gangguan, sedangkan lampu mati mengindikasikan tidak adanya koneksi. Sementara itu, status koneksi memberikan informasi tambahan terkait stabilitas jaringan, seperti kondisi normal, intermittent (tidak stabil), atau down (terputus) [4]. Jenis gangguan yang terdapat dalam dataset mencerminkan berbagai kasus umum pada jaringan fiber optik, seperti *High Attenuation*, *Connector Loss*, *bending*, dan kabel putus. Setiap jenis gangguan tersebut memiliki karakteristik yang berbeda serta memerlukan penanganan yang spesifik [2] [3]. Oleh karena itu, setiap data dilengkapi dengan solusi perbaikan yang sesuai, seperti pemeriksaan sambungan, pembersihan konektor, perbaikan jalur kabel, hingga penggantian kabel.

Dengan adanya variasi atribut dan kondisi yang cukup beragam, dataset ini mampu memberikan representasi yang lebih komprehensif terhadap berbagai jenis gangguan jaringan fiber optik. Hal ini sangat penting dalam proses pengujian sistem rekomendasi, karena semakin beragam dataset yang digunakan, maka semakin baik kemampuan sistem dalam membedakan karakteristik antar kasus dan menghasilkan rekomendasi yang lebih relevan.

3.2. Preprocessing Data

Pada tahap *Preprocessing*, dilakukan pengolahan data untuk memastikan kualitas dan konsistensi data sebelum diproses lebih lanjut. Proses yang dilakukan meliputi:

- Pembersihan data dari nilai yang tidak lengkap
- Penyelarasan atribut antara data lapangan dan dataset eksternal
- Transformasi data kategorikal menjadi numerik

Proses ini bertujuan agar seluruh data memiliki format yang seragam sehingga dapat diproses pada tahap selanjutnya.

Tabel 2. Data Gangguan Baru

Atribut	Data Awal	Setelah Preprocessing
Redaman	-28 dBm	-28 dBm
Konektor	SC/APC	SC/APC
Kabel	Sedang	Sedang
Lampu	Merah	Merah
Status	Putus-putus	Intermittent

Tabel 2 menunjukkan contoh hasil tahap *preprocessing* dari data gangguan baru yang dilakukan sebelum proses ekstraksi fitur. Pada tahap ini dilakukan penyesuaian istilah agar seluruh data memiliki format yang konsisten. Sebagai contoh, status koneksi "Putus-putus" diseragamkan menjadi *Intermittent* sehingga seluruh data historis memiliki representasi atribut yang sama sebelum dilakukan proses *encoding*.

3.3. Ekstraksi Fitur

Tahap ekstraksi fitur dilakukan untuk menentukan atribut yang digunakan sebagai dasar dalam proses perhitungan kemiripan antar data gangguan. Fitur yang dipilih harus mampu merepresentasikan karakteristik utama dari kondisi gangguan jaringan fiber optik sehingga sistem dapat menghasilkan rekomendasi yang relevan. Dalam penelitian ini, fitur yang digunakan terdiri dari:

- Jenis konektor,
- Kondisi kabel,
- Indikator lampu modem,
- Status koneksi.

Pemilihan fitur dilakukan berdasarkan relevansinya terhadap proses *troubleshooting* jaringan fiber optik di lapangan. Jenis konektor digunakan karena setiap tipe konektor memiliki karakteristik transmisi yang berbeda dan dapat mempengaruhi kualitas sinyal jaringan. Kondisi kabel digunakan untuk menggambarkan keadaan fisik jaringan, seperti kabel dalam kondisi baik, sedang, atau buruk, yang dapat menjadi penyebab terjadinya gangguan.

Selain itu, indikator lampu modem digunakan untuk mengetahui kondisi perangkat jaringan

dari sisi pengguna. Lampu modem yang berwarna hijau menunjukkan kondisi normal, sedangkan lampu merah atau mati menunjukkan adanya indikasi gangguan pada jaringan. Status koneksi digunakan untuk menggambarkan kestabilan jaringan, seperti kondisi normal, intermittent, atau down.

Sementara itu, nilai redaman tidak digunakan dalam proses perhitungan *similarity*. Hal ini dilakukan karena nilai redaman memiliki rentang numerik yang cukup besar dan berpotensi mendominasi hasil perhitungan *cosine similarity*. Oleh sebab itu, nilai redaman hanya digunakan sebagai indikator awal untuk menggambarkan kondisi kualitas sinyal jaringan.

Tabel 3. Hasil Ekstraksi Fitur

ID	Konektor	Kabel	Lampu	Status
Q	SC/APC	Sedang	Merah	Intermittent

Tabel 3 menunjukkan contoh hasil ekstraksi fitur dari salah satu data historis gangguan. Pada tahap ini hanya atribut yang digunakan dalam proses perhitungan *Content-Based Filtering* yang dipertahankan, yaitu jenis konektor, kondisi kabel, indikator lampu modem, dan status koneksi. Sementara itu, atribut solusi tetap disimpan sebagai referensi rekomendasi, sedangkan nilai redaman tidak dilibatkan dalam proses perhitungan *similarity* karena hanya digunakan sebagai indikator awal kondisi jaringan.

3.4. Representasi Data ke Vektor

Setelah fitur ditentukan, tahap berikutnya adalah merepresentasikan seluruh data gangguan ke dalam bentuk vektor numerik. Representasi data dilakukan agar setiap data dapat diproses secara matematis pada tahap perhitungan *similarity* menggunakan metode *cosine similarity*.

Proses representasi data dilakukan menggunakan teknik manual label encoding, yaitu proses pemberian nilai numerik secara langsung pada setiap kategori atribut berdasarkan skema yang telah ditentukan peneliti. Teknik ini dipilih karena seluruh atribut yang digunakan bersifat kategorikal dan memiliki jumlah kategori yang terbatas sehingga tidak memerlukan transformasi berdimensi tinggi seperti *One-Hot*

Encoding. Dengan teknik ini setiap kategori direpresentasikan menjadi satu nilai numerik sehingga dapat digunakan sebagai vektor masukan dalam perhitungan *cosine similarity*:

Jenis konektor :

SC/APC = 1

SC/UPC = 0

Kondisi kabel :

Baik = 1

Sedang = 0.5

Buruk = 0

Indikator lampu modem :

Hijau = 1

Merah = 0.5

Mati = 0

Status koneksi :

Normal = 1

Intermittent = 0.5

Down = 0

Dengan skema tersebut, setiap data gangguan direpresentasikan ke dalam bentuk vektor empat dimensi sebagai berikut:

$$X = [\text{konektor}, \text{kondisi kabel}, \text{lampu}, \text{status}]$$

Representasi ini memungkinkan sistem untuk melakukan perbandingan antar data berdasarkan tingkat kedekatan atribut yang dimiliki. Sebagai contoh, terdapat data gangguan baru dengan karakteristik :

a. Konektor = SC/APC

b. Kondisi kabel = Sedang

c. Lampu modem = Merah

d. Status koneksi = Intermittent

Setelah dilakukan *Encoding*, data tersebut direpresentasikan menjadi :

$$Q = [1, 0.5, 0.5, 0.5]$$

Representasi vektor ini kemudian digunakan sebagai data input dalam proses perhitungan *similarity* terhadap seluruh data historis yang terdapat pada dataset.

3.5. Perhitungan Cosine Similarity

Tahap selanjutnya adalah melakukan perhitungan tingkat kemiripan antara data gangguan baru dengan data historis

menggunakan metode *cosine similarity*. Metode ini digunakan untuk mengukur tingkat kedekatan antar vektor berdasarkan sudut yang terbentuk di antara kedua vektor tersebut dalam ruang multidimensi.

Cosine similarity dipilih karena mampu menghasilkan pengukuran kemiripan yang stabil dan efektif dalam sistem rekomendasi berbasis *Content-based filtering*. Nilai *similarity* berada pada rentang 0 hingga 1. Semakin mendekati nilai 1, maka semakin tinggi tingkat kemiripan antara dua data. Rumus *cosine similarity* yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$\text{similarity} = \frac{A \cdot B}{\|A\| \times \|B\|}$$

Keterangan:

A= vektor data gangguan baru

B= vektor data historis

Sebagai contoh, dilakukan perhitungan *similarity* antara data query Q dan data historis D1:

$$Q = [1, 0.5, 0.5, 0.5]$$

$$D1 = [1, 1, 1, 1]$$

Langkah pertama adalah menghitung dot product antara kedua vector :

$$(1 \times 1) + (0.5 \times 1) + (0.5 \times 1) + (0.5 \times 1) = 2.5$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan panjang vektor masing-masing data :

$$|Q| = \sqrt{1^2 + 0.5^2 + 0.5^2 + 0.5^2}$$

$$|D1| = \sqrt{1^2 + 1^2 + 1^2 + 1^2}$$

Setelah seluruh nilai diperoleh, maka dilakukan perhitungan *similarity* dan menghasilkan nilai sekitar:

$$\text{similarity} \approx 0.945$$

Nilai tersebut menunjukkan bahwa data gangguan baru memiliki tingkat kemiripan yang tinggi dengan data historis D1.

3.6. Hasil Perhitungan Similarity

Setelah proses perhitungan dilakukan, sistem menghasilkan nilai *similarity* antara data gangguan baru dengan seluruh data historis yang terdapat pada dataset. Nilai *similarity* tersebut

digunakan untuk mengetahui tingkat kedekatan karakteristik antar data gangguan.

Hasil perhitungan *similarity* menunjukkan bahwa setiap data historis memiliki tingkat kemiripan yang berbeda terhadap data query. Perbedaan nilai tersebut dipengaruhi oleh kesamaan atribut yang dimiliki oleh masing-masing data, seperti jenis konektor, kondisi kabel, indikator lampu modem, dan status koneksi.

Tabel 4. Tabel Hasil Perhitungan *Similarity*

ID	Vektor	<i>Similarity</i>
D1	[1, 1, 1, 1]	0.945
D2	[1, 0, 0, 0]	0.756
D3	[0, 1, 1, 1]	0.755
D4	[1, 0.5, 0.5, 0.5]	1.000
D5	[0, 1, 1, 1]	0.755
D6	[1, 0, 0, 0]	0.756
D7	[0, 0.5, 0.5, 0.5]	0.866
D8	[1, 1, 1, 1]	0.945
D9	[0, 1, 1, 1]	0.755
D10	[1, 0, 0.5, 0]	0.816
D11	[0, 0.5, 0.5, 0.5]	0.866
D12	[1, 0.5, 0.5, 0.5]	1.000
D13	[0, 1, 1, 1]	0.755
D14	[1, 0, 0, 0]	0.756
D15	[0, 0.5, 0.5, 0.5]	0.866

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4, terlihat bahwa beberapa data memiliki nilai *similarity* yang tinggi karena memiliki karakteristik yang hampir sama dengan data query. Sebaliknya, data dengan perbedaan atribut yang cukup besar menghasilkan nilai *similarity* yang lebih rendah.

Variasi nilai *similarity* yang dihasilkan menunjukkan bahwa metode *cosine similarity* mampu membedakan tingkat kedekatan antar kasus secara lebih terstruktur. Dengan demikian, sistem dapat menentukan data historis yang paling relevan untuk digunakan sebagai dasar rekomendasi *troubleshooting*.

Selain itu, atribut kondisi kabel, indikator lampu modem, dan status koneksi memberikan pengaruh yang cukup signifikan terhadap proses perhitungan *similarity*. Data historis yang memiliki kombinasi atribut yang hampir sama dengan data query menghasilkan nilai *similarity* yang lebih tinggi dibandingkan data dengan karakteristik yang berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa representasi atribut dalam bentuk vektor mampu menggambarkan kondisi gangguan jaringan secara cukup konsisten.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Yadav dan Roy [15] yang menyatakan bahwa metode *cosine similarity* mampu menghasilkan pengukuran kemiripan yang stabil pada sistem rekomendasi berbasis konten. Selain itu, penelitian Safitri et al. [6] juga menunjukkan bahwa metode *Content-based filtering* mampu menghasilkan rekomendasi yang relevan berdasarkan karakteristik data yang digunakan. Perbedaannya, penelitian ini menerapkan metode tersebut pada domain *troubleshooting* jaringan fiber optik dengan memanfaatkan atribut teknis lapangan sebagai dasar rekomendasi.

3.7. Perangkingan dan Rekomendasi *Troubleshooting*

Tahap akhir dalam sistem rekomendasi adalah proses perangkingan berdasarkan nilai *similarity* yang telah diperoleh sebelumnya. Proses ini dilakukan dengan mengurutkan data historis dari nilai *similarity* tertinggi hingga terendah.

Data dengan nilai *similarity* tertinggi dianggap sebagai kasus yang paling relevan terhadap kondisi gangguan baru karena memiliki karakteristik yang paling mendekati. Oleh sebab itu, solusi dari data tersebut digunakan sebagai rekomendasi *troubleshooting* utama.

Tabel 5. Perangkingan Hasil *Similarity* dan Rekomendasi *Troubleshooting*

Rangking	ID	<i>Similarity</i>	Solusi
1	D4	1.000	Perbaiki jalur
2	D12	1.000	Periksa sambungan
3	D1	0.945	Periksa sambungan
4	D8	0.945	Periksa sambungan
5	D7	0.866	Bersihkan konektor
6	D11	0.866	Bersihkan konektor
7	D15	0.866	Bersihkan konektor
8	D10	0.816	Perbaiki jalur
9	D2	0.756	Ganti kabel
10	D6	0.756	Ganti kabel
11	D14	0.756	Ganti kabel
12	D3	0.755	Bersihkan konektor
13	D5	0.755	Monitoring
14	D9	0.755	Monitoring
15	D13	0.755	Monitoring

Berdasarkan hasil perangkingan pada Tabel 5, data D4 dan D12 memperoleh nilai *similarity* tertinggi sebesar 1.000 terhadap dua data historis. Nilai tersebut menunjukkan adanya kecocokan sempurna antara data query dan data historis. Kesamaan tersebut terjadi karena seluruh atribut yang digunakan dalam proses perhitungan memiliki nilai yang identik.

Selain rekomendasi utama, sistem juga menghasilkan beberapa alternatif rekomendasi lain yang memiliki nilai *similarity* tinggi. Hal ini memberikan fleksibilitas bagi teknisi dalam menentukan tindakan perbaikan yang paling sesuai dengan kondisi di lapangan. Dengan adanya proses perangkingan, sistem mampu memberikan prioritas rekomendasi berdasarkan tingkat kedekatan karakteristik antar kasus gangguan.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem rekomendasi berbasis *Content-Based Filtering* mampu memberikan rekomendasi *troubleshooting* secara sistematis berdasarkan kemiripan data historis. Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 5, sistem berhasil menghasilkan lima rekomendasi utama dengan nilai *similarity* tertinggi, yaitu D4 (1,000), D12 (1,000), D1 (0,945), D8 (0,945), dan D7 (0,866). Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem tidak hanya menghasilkan satu rekomendasi, tetapi juga beberapa alternatif solusi yang telah diurutkan berdasarkan tingkat kemiripan kasus historis sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam proses pengambilan keputusan teknis.

Sistem ini dapat membantu teknisi dalam mempercepat proses identifikasi gangguan karena teknisi tidak perlu melakukan pencarian secara manual terhadap seluruh data historis gangguan. Sebaliknya, sistem secara otomatis melakukan perhitungan *cosine similarity* terhadap seluruh data historis dan menampilkan rekomendasi dengan tingkat kemiripan tertinggi. Dengan demikian, proses identifikasi menjadi lebih terstruktur serta mendukung pengambilan keputusan yang lebih efektif dalam menentukan tindakan *troubleshooting*.

Sistem yang dibangun juga memiliki kelebihan dalam memanfaatkan data historis

gangguan sebagai basis pengetahuan untuk mendukung proses pengambilan keputusan teknis. Selain itu, sistem mampu memberikan beberapa alternatif rekomendasi berdasarkan nilai *similarity* tertinggi sehingga teknisi memiliki fleksibilitas dalam menentukan tindakan perbaikan sesuai kondisi jaringan di lapangan. Pada contoh pengujian, rekomendasi utama yang dihasilkan adalah Perbaiki Jalur dan Periksa Sambungan karena kedua solusi tersebut berasal dari data historis yang memiliki tingkat kemiripan tertinggi terhadap data gangguan baru.

3.8. Evaluasi Sistem

Untuk memperkuat hasil penelitian, dilakukan evaluasi terhadap hasil rekomendasi yang dihasilkan oleh sistem. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan hasil rekomendasi *troubleshooting* yang diberikan sistem dengan solusi penanganan gangguan yang biasa diterapkan oleh teknisi berdasarkan data historis gangguan fiber optik. Pada penelitian ini digunakan satu data gangguan baru (*query*) yang dibandingkan dengan 15 data historis menggunakan metode *Content-Based Filtering*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berhasil menghasilkan rekomendasi dengan nilai *similarity* tertinggi sebesar 1,000 pada data D4 dan D12, diikuti D1 dan D8 dengan nilai 0,945, serta D7 dengan nilai 0,866. Nilai tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu mengidentifikasi kasus historis yang memiliki karakteristik paling mendekati kondisi gangguan baru.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode *Content-Based Filtering* mampu menghasilkan rekomendasi yang relevan berdasarkan tingkat kemiripan atribut antar kasus gangguan. Data historis dengan nilai *similarity* tertinggi menghasilkan solusi *troubleshooting* yang sesuai dengan karakteristik gangguan pada data *query*. Pada contoh pengujian, data D4 dan D12 yang memiliki karakteristik paling mirip direkomendasikan sebagai solusi utama karena memperoleh nilai *similarity* sebesar 1,000. Hal tersebut menunjukkan bahwa penggunaan atribut seperti jenis konektor, kondisi kabel, indikator lampu modem, dan status koneksi mampu

merepresentasikan kondisi gangguan jaringan secara baik sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam proses rekomendasi.

Selain itu, penggunaan metode *cosine similarity* mampu memberikan pengukuran kemiripan yang konsisten dan terstruktur. Sistem dapat membedakan tingkat kedekatan antar kasus berdasarkan nilai *similarity* yang dihasilkan, yaitu mulai dari 0,755 hingga 1,000. Semakin tinggi nilai *similarity*, semakin besar tingkat kesamaan karakteristik antara data gangguan baru dengan data historis yang digunakan sebagai referensi rekomendasi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa proses perangkingan mampu memberikan prioritas solusi berdasarkan tingkat kemiripan kasus sehingga rekomendasi yang diberikan lebih objektif dibandingkan pencarian data historis secara manual.

Hasil penelitian ini memiliki kesesuaian dengan penelitian sebelumnya yang menerapkan metode *Content-Based Filtering* pada berbagai domain sistem rekomendasi [6], [11]. Penelitian lain pada domain jaringan optik juga menunjukkan bahwa pendekatan berbasis *Machine Learning* dan analisis kemiripan mampu meningkatkan proses identifikasi gangguan jaringan *fiber optik* secara lebih efektif [15]. Temuan pada penelitian ini juga menunjukkan bahwa metode *Content-Based Filtering* dapat diterapkan pada domain *troubleshooting* jaringan *fiber optik* dengan memanfaatkan atribut teknis lapangan sebagai dasar pemberian rekomendasi. Namun, penelitian ini memiliki perbedaan pada domain penerapan, yaitu rekomendasi *troubleshooting* jaringan fiber optik berbasis atribut teknis lapangan. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem rekomendasi pada bidang jaringan komputer dan telekomunikasi.

Berdasarkan hasil pengujian tersebut, sistem rekomendasi *troubleshooting* jaringan fiber optik yang dibangun dinilai mampu membantu proses identifikasi gangguan secara lebih cepat dan sistematis. Hal ini ditunjukkan oleh kemampuan sistem dalam menghasilkan lima alternatif rekomendasi berdasarkan hasil perangkingan *similarity*, sehingga teknisi dapat langsung memfokuskan proses penanganan pada solusi

dengan tingkat kemiripan tertinggi tanpa harus menelusuri seluruh data historis secara manual. Dengan demikian, sistem dapat mendukung proses pengambilan keputusan, terutama dalam menentukan tindakan perbaikan yang sesuai berdasarkan karakteristik kasus gangguan sebelumnya. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pendekatan *Content-Based Filtering* cukup efektif diterapkan pada domain *troubleshooting* jaringan fiber optik yang memiliki atribut teknis terstruktur.

Meskipun demikian, hasil rekomendasi sistem masih dipengaruhi oleh jumlah dan variasi dataset yang digunakan. Semakin banyak data historis gangguan yang tersedia, maka semakin baik kemampuan sistem dalam menghasilkan rekomendasi yang lebih akurat dan relevan. Oleh karena itu, penambahan data historis secara berkala akan memperkaya basis pengetahuan sistem sehingga kualitas rekomendasi yang dihasilkan dapat terus ditingkatkan. Oleh karena itu, pengembangan dataset secara berkelanjutan sangat diperlukan untuk meningkatkan performa sistem rekomendasi pada penelitian selanjutnya.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, sistem rekomendasi *troubleshooting* jaringan fiber optik yang dibangun mampu memberikan hasil yang terstruktur dan relevan berdasarkan data historis gangguan. Proses pengolahan data yang dimulai dari penyusunan dataset, representasi dalam bentuk vektor, hingga perhitungan *similarity* menghasilkan distribusi nilai kemiripan yang variatif. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu membedakan tingkat kedekatan antar kasus gangguan, sehingga data dengan karakteristik yang paling mendekati kasus baru dapat diidentifikasi dengan baik. Hasil perangkingan yang dihasilkan juga memberikan urutan prioritas solusi yang dapat digunakan sebagai acuan dalam proses *troubleshooting*.

Metode *Content-based filtering* yang digunakan dalam penelitian ini terbukti efektif dalam memberikan rekomendasi berdasarkan kemiripan atribut teknis gangguan. Dengan menggunakan *cosine similarity* sebagai metode

pengukuran kemiripan, sistem mampu menghitung kedekatan antar data secara matematis dan konsisten. Selain itu, penggunaan atribut seperti jenis konektor, kondisi kabel, indikator lampu modem, dan status koneksi memberikan kontribusi yang seimbang dalam proses perhitungan. Tidak dilibatkannya nilai redaman dalam perhitungan *similarity* juga memberikan hasil yang lebih variatif, sehingga sistem tidak menghasilkan nilai kemiripan yang homogen dan mampu merepresentasikan perbedaan karakteristik gangguan secara lebih realistis.

Untuk pengembangan selanjutnya, sistem ini masih dapat ditingkatkan dengan menambahkan jumlah dan variasi dataset agar mampu mencakup lebih banyak jenis gangguan jaringan fiber optik. Selain itu, penelitian lanjutan dapat mengkombinasikan metode *Content-based filtering* dengan pendekatan lain, seperti metode hybrid atau pembobotan fitur, untuk meningkatkan akurasi rekomendasi. Penggunaan data *Real-time* serta integrasi dengan sistem monitoring jaringan juga dapat menjadi pengembangan yang potensial, sehingga sistem tidak hanya berfungsi sebagai alat rekomendasi, tetapi juga sebagai sistem pendukung keputusan yang lebih komprehensif dalam pengelolaan jaringan fiber optik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Universitas Duta Bangsa Surakarta, khususnya Fakultas Ilmu Komputer, atas dukungan akademik selama pelaksanaan penelitian. Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, masukan, serta bimbingan selama proses penyusunan penelitian ini. Selain itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam proses pengumpulan data, pelaksanaan penelitian, serta

penyusunan artikel ini sehingga penelitian dapat terselesaikan dengan baik.

REFERENSI

- [1] H. Liu, T. Zhao, and M. Zhang, "OTDR Development Based on Single-Mode Fiber Fault Detection," Jul. 01, 2025, *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*.
- [2] K. Abdelli, H. Grießer, C. Tropschug, and S. Pachnicke, "Optical Fiber Fault Detection and Localization in a Noisy OTDR Trace Based on Denoising Convolutional Autoencoder and Bidirectional Long Short-Term Memory," vol. 42, no. 5, pp. 1887–1888, 2024.
- [3] K. K. Sothar, Y. Chen, A. H. Magsi, C. Hu, and H. Shah, "Optimizing Optical Fiber Faults Detection: A Comparative Analysis of Advanced Machine Learning Approaches," *Computers, Materials and Continua*, vol. 79, no. 2, pp. 2697–2721, 2024.
- [4] Y. Li, H. Wang, and Z. Chen, "Fiber Optic Network Fault Analysis Based on Data Mining Techniques," *Journal of Optical Communications*, vol. 44, no. 3, pp. 233–241, 2023.
- [5] U. Javed, K. Shaukat, I. A. Hameed, F. Iqbal, T. M. Alam, and S. Luo, "A Review of Content-Based and Context-Based Recommendation Systems," *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, vol. 16, no. 3, pp. 274–306, 2021.
- [6] Asa Dilla Safitri, Vihi Atina, and Anisatul Farida, "Sistem rekomendasi buku menggunakan metode *Content-based filtering*," *INFOTECH : Jurnal Informatika & Teknologi*, vol. 5, no. 2, pp. 218–227, Dec. 2024.
- [7] Yang Li, Can Li, Ying Wang, et al., "Optical Cable Fault Diagnosis and Auxiliary Decision-making Based on Knowledge Graph," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 2661, 2023.
- [8] Y. Visser Laja Jaja, B. Susanto, L. Ricky Sasongko, and K. Kunci, "Penerapan Metode Item-Based Collaborative Filtering Untuk Sistem Rekomendasi Data MovieLens," 2020.
- [9] F. B. A. Larasati and H. Februriyanti, "Sistem Rekomendasi Product Emina Cosmetics dengan Menggunakan Metode *Content-based filtering*," *MISI (Jurnal Manajemen Informatika dan Sistem Informasi)*, vol. 4, no. 1, pp. 45–54, 2021.
- [10] K. Wiyana et al., "Optimalisasi Infrastruktur Jaringan dengan Teknologi Fiber Optic di PT. Sinar Nusantara Industries," *Journal Information Technology Trends*, vol. 1, no. 2, pp. 99–108, 2024.
- [11] E. S. Negara, Sulaiman, R. Andriyani, P. H. Saksono, and Y. Widyanti, "Recommendation System with *Content-based filtering* in NFT Marketplace," *Journal of Advances in Information Technology*, vol. 14, no. 3, pp. 518–522, 2023.
- [12] K. Singh, M. Mishra, and Er. S. Singh, "Content-based Recommender System Using *Cosine similarity*," *Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol.*, vol. 12, no. 5, pp. 2541–2548, May 2024.
- [13] M. K. Gupta and R. Kumar, "An Efficient Content-Based Recommendation Approach Using *Similarity* Measurement Techniques," *International Journal of Information Technology*, vol. 14, no. 2, pp. 745–752, 2022.
- [14] F. D. Astuti and W. Andriyani, "Pengembangan Sistem Rekomendasi Pembimbing Tugas Akhir Menggunakan Teknik Content Based Filtering," *JIKO (Jurnal Informatika dan Komputer)*, vol. 9, no. 2, p. 474, Jun. 2025.
- [15] Z. Xu, S. Yamamoto, and H. Joho, "Research Paper Recommender System by Considering Users' Information Seeking Behaviors," Apr. 2025.
- [16] A. Kumar and P. Singh, "Machine Learning Approaches for Optical Fiber Fault Detection and Classification," *Optical Fiber Technology*, vol. 71, no. 1, pp. 1–9, 2024.