



Optimasi *Optical Distribution Cabinet* pada Jalur *Optical Distribution Point* Menggunakan Metode Pemrograman Linear

Widya Spalanzani¹, Dwi Rizky Puti Raihan¹, Iskandar Zulkarnaen², Rifki Muhendra¹

¹Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Jakarta Raya, Bekasi 17142, Indonesia

²Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam As-Syafi'iyah, Jakarta 12920, Indonesia

ARTICLE INFORMATION

Received: November 11, 2025

Revised: December 27, 2025

Available online: January 13, 2025

KEYWORDS

Optimasi ODC-ODP, Linear Programming, Lingo

CORRESPONDENCE

Name: Widya Spalanzani

E-mail:

widya.spalanzani@dsn.ubharajaya.ac.id

A B S T R A C T

PT X Access operates fiber optic based access networks to meet increasing demand for high-speed internet services. In densely populated urban areas, unstructured placement of Optical Distribution Points (ODP) often leads to inefficient distribution routes, increased installation costs, and higher customer complaints. In one service area on Jalan Duri, Central Jakarta, this condition resulted in 198 customer complaints in 2023 and installation costs exceeding Rp 78 million. This study aims to minimize FTTH installation costs by optimizing the configuration and placement of Optical Distribution Cabinets (ODC) and ODP using a Linear Programming (LP) model. The proposed model considers distribution distances, splitter capacity constraints, and installation costs. A comparative analysis between ODP 1:4 and ODP 1:8 configurations is conducted. The results indicate that the ODP 1:8 configuration produces a minimum installation cost of Rp 49,085,400, representing a cost reduction of 59.37% compared to the existing configuration. The optimized configuration also improves network maintainability without compromising service quality. These findings demonstrate that LP-based optimization provides an effective decision-support tool for cost-efficient and sustainable FTTH network planning.

PENDAHULUAN

Pemanfaatan teknologi *network system* komputer sebagai media komunikasi terus mengalami pertumbuhan dari tahun ke tahun, terutama pada penggunaan *network system* internet [1], [2], [3]. Modern users kini menuntut akses internet yang lebih cepat dan stabil sebagai kebutuhan utama penting untuk mendorong laju ekonomi, memicu inovasi, dan memperluas keterhubungan antaranggota masyarakat. Dorongan untuk berbagi berbagai sumber daya *network system*, baik perangkat lunak maupun perangkat keras, ikut mempercepat perkembangan teknologi *network system*. Seiring meningkatnya kebutuhan dan bertambahnya jumlah pengguna yang menuntut inovasi demi mencapai kinerja *network system* yang optimal, baik dari sisi efisiensi maupun keamanan, teknologi *network system* pun berkembang semakin pesat.

Internet sendiri merupakan suatu sistem global yang menghimpun beragam *network system* komputer dengan

memanfaatkan protokol internet sebagai penghubung antarperangkat di seluruh dunia. Pertumbuhan cepat infrastruktur telekomunikasi terutama dipengaruhi oleh tingginya kebutuhan pengguna untuk dapat terhubung secara leluasa di setiap waktu dan di berbagai lokasi. Penggunaan berbagai aplikasi modern, seperti layanan multimedia, konferensi video, gim interaktif, hingga beragam layanan internet lainnya, turut meningkatkan kebutuhan terhadap kapasitas kanal (*bandwidth*) yang semakin besar [4], [5]. Selain itu, harapan pengguna terhadap *network system* yang mampu memberikan layanan optimal dan efisien juga memacu percepatan perkembangan teknologi *network system* [6], [7], [8].

Teknologi yang dapat memberikan solusi atas kebutuhan tersebut ialah FTTH, yakni metode distribusi data berbasis serat optik yang menawarkan performa tinggi [9], [10]. Desain *network system* FTTH diawali dari ODC sebagai titik koneksi kabel distribusi, kemudian disalurkan menuju ODP, dan selanjutnya terhubung ke pelanggan [11]–[13]. Penentuan lokasi ODP yang

dilakukan tanpa prosedur baku dapat menimbulkan peningkatan redaman (*attenuation*) pada serat optik serta ketidakteraturan rute distribusi. Di kawasan Jakarta Pusat, optimasi *network system* serat optik memerlukan pendekatan yang lebih sistematis dan menyeluruh. Tantangan semakin besar dengan tingginya kepadatan penduduk serta kompleksitas tata ruang perkotaan, yang membuat perancangan *network system* optik menjadi lebih menuntut.

Pembangunan infrastruktur tanpa perencanaan yang matang berisiko menimbulkan inefisiensi, konflik antarkomponen *network system*, hingga meningkatnya biaya operasional. FTTH merupakan teknologi yang mengandalkan serat optik sebagai media penghantar untuk mentransmisikan data berkecepatan tinggi langsung ke rumah pelanggan. Dalam praktiknya, serat optik menggantikan peran kabel tembaga yang lazim dipakai pada *network system* tradisional. Bahan serat optik yang sangat halus, berasal dari kaca atau plastik, mampu menyalurkan data melalui cahaya, sehingga memungkinkan kecepatan transmisi yang sangat tinggi.

Teknologi ini juga menghilangkan gangguan elektromagnetik yang sering terjadi pada penggunaan kabel tembaga.

Dengan penerapan FTTH, pelanggan dapat menikmati kecepatan internet simetris baik untuk aktivitas unduh (*download*) maupun unggah (*upload*), dengan kapasitas yang dapat mencapai ratusan Mbps hingga beberapa Gbps. Instalasi FTTH dilakukan dengan menarik langsung serat optik hingga ke rumah pelanggan, menjadikannya solusi yang lebih efisien dibandingkan penggunaan kabel tembaga. Pengelolaan kapasitas yang tepat serta perencanaan infrastruktur yang terstruktur menjadi kunci agar layanan FTTH tetap stabil dan andal. Teknologi komunikasi ini juga menunjang penyediaan layanan *triple play* IndiHome meliputi suara, internet, dan TV interaktif, yang diselenggarakan PT X Akses melalui pemasangan *network system* serat optik.

Tabel 1. Keluhan Customer

Bulan	Tahun	Keluhan Customer	Jumlah Keluhan
Agustus	2019	Disrupsi jaringan	80
September		Ketidakpastian perhitungan tagihan	25
Oktober		Slow customer response	15
Agustus	2020	Disrupsi jaringan	120
September		Sikap layanan pelanggan kurang komunikatif	18
Oktober		Efektivitas layanan berkurang	40
Agustus	2021	Disrupsi jaringan	90
September		Terminasi layanan tanpa notifikasi	10
Oktober		Efektivitas layanan berkurang	35
Agustus	2022	Disrupsi jaringan	110
September		Ketidakpastian perhitungan tagihan	22
Oktober		Tingkat responsivitas layanan pelanggan rendah	12
Agustus	2023	Disrupsi jaringan	150
September		Kualitas layanan TV tidak optimal	30
Oktober		Ketidakpastian perhitungan tagihan	18

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa permasalahan efisiensi jaringan distribusi dapat diatasi melalui pendekatan optimasi matematis. Model Linear Programming telah banyak digunakan untuk merancang jaringan distribusi yang meminimalkan biaya instalasi dan jarak transmisi pada perencanaan jaringan telekomunikasi berbasis serat optik [12], [13], serta pada sistem logistik dan infrastruktur jaringan [14]–[16]. Selain itu, optimasi lokasi fasilitas dan alokasi pelanggan terbukti mampu meningkatkan efisiensi operasional serta kemudahan pemeliharaan jaringan [17], [18]. Beberapa strategi yang dapat diterapkan guna mengatasi permasalahan tersebut meliputi:

- a. Perancangan rute distribusi yang optimal dengan biaya serendah mungkin,

- b. Implementasi strategi perbaikan *network system*,
- c. Pelaksanaan pemeliharaan secara berkala, dan
- d. Peningkatan kualitas infrastruktur *network system*.

Berdasarkan permasalahan yang muncul dalam penelitian ini, dirancang suatu rute distribusi yang lebih optimal dan hemat biaya. Ditemukan adanya distribusi yang tidak terstruktur pada proses instalasi *network system* kabel dan FTTH sebelumnya di Jalan Duri, Kecamatan Gambir, Jakarta Pusat, sebagaimana dijelaskan pada gambar 1:



Gambar 1. Kondisi *Network system* FTTH di Jalan Duri

Pada proyek pemasangan di wilayah tersebut, aspek perencanaan distribusi kabel tidak dipertimbangkan dengan baik selama pelaksanaannya, sehingga biaya pengadaan kabel serat optik meningkat secara signifikan. Hingga saat ini, instalasi kabel serat optik dalam pemilihan rute distribusi umumnya dilakukan dengan menghubungkan kabel langsung dari sentral kantor (STO) menuju rumah *customer* menggunakan pendekatan *one tube one core*, dengan tanpa melalui ODC dan ODP [19].

Walaupun pendekatan tersebut masih cukup efektif apabila rentang antara rumah *customer* dan sentral (STO) relatif dekat sehingga kualitas transmisi data tetap terjaga, pendekatan ini memiliki kelemahan besar ketika rentang antar *customer* berjauhan. Penggunaan metode tersebut memerlukan jumlah kabel yang jauh lebih banyak, mengakibatkan tampilan tata ruang yang tidak rapi, serta mempersulit proses perbaikan dan pemeliharaan akibat penumpukan kabel. Oleh karena itu, diperlukan perubahan strategi dalam perancangan jalur penarikan kabel serat optik agar biaya dapat ditekan dan pengelolaan *network system* menjadi lebih mudah serta efisien.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merumuskan dan menyelesaikan model Linear Programming dalam mengoptimalkan konfigurasi ODC-ODP pada jaringan FTTH di kawasan perkotaan. Kontribusi utama penelitian ini adalah:

- (1) Pengembangan formulasi LP yang secara eksplisit mempertimbangkan kapasitas ODP, jarak distribusi, dan biaya instalasi, serta
- (2) Penerapan model pada studi kasus nyata jaringan FTTH di Jakarta Pusat sebagai dasar pengambilan keputusan teknis dan ekonomis.

METODOLOGI

Tahapan yang harus dilalui dalam penelitian ini meliputi optimasi biaya menggunakan pendekatan Linear Programming [20] dengan bantuan perangkat lunak LINGO, serta pembuatan skema ODC pada ODP baru (jalur FTTH) [21], [22], [23].

Langkah awal yang dilakukan peneliti adalah melakukan identifikasi terhadap jenis kabel serat optik, ODP, dan ODC yang digunakan pada pembangunan rute distribusi yang sedang diterapkan, serta biaya instalasi pada *network system* FTTH [24], jumlah kabel yang digunakan, kemudian peneliti melakukan perhitungan parameter “C” secara manual untuk analisis data dengan rumus sebagai berikut:

$$C = \left(\frac{\text{Total installation charge FTTH}}{\frac{\text{Volume Quantity of cable}}{\text{Fiber optic cable type}}} \right) \quad (1)$$

C merupakan biaya tenaga kerja inti per m.

Setelah itu, peneliti menguraikan parameter dan variabel penelitian ke dalam bahasa pemrograman LINGO [24], [25], [26]. Variabel dalam penelitian ini meliputi:

- a. Jumlah titik distribusi *network system*, dan
- b. Jumlah rumah *customer* yang terhubung ke *network system*.

Selanjutnya dilakukan input data yang mencakup:

- a. Data *passive splitter*,
 - b. Data mengenai rentang antara rumah *customer* dan ODC,
 - c. Data rentang dari ODP menuju ODC, serta
 - d. Informasi terkait pengeluaran operasional, biaya pekerja, biaya penyambungan, dan biaya pembagian yang telah berhasil dihimpun.
1. *Problem Definition*: ketidakefisienan konfigurasi dan penempatan ODC dan ODP pada jaringan FTTH di kawasan perkotaan yang menyebabkan panjang jalur distribusi berlebih, biaya instalasi tinggi, dan meningkatnya keluhan pelanggan.

2. Sets and Indices:

$i \in I :$

himpunan *customer* adalah 1, 2, ... sampai m

$j \in J :$ himpunan ODP adalah 1, 2, ... sampai n

$k \in K :$ himpunan ODC adalah 1, 2, ..., sampai s

3. Parameters

Z : Fungsi tujuan yang diminimalkan

$x_{ijk} : \{ 1, \text{ Jika } customer i \text{ terhubung ke ODP } j$

$Y_{jk} : \{ 1, \text{ Jika ODP ke-} j \text{ terhubung ke ODC }$

$c_x :$ Koefisien untuk fungsi tujuan yang merupakan nilai dari parameter C

$L_{ijk} :$ Panjang sambungan dari *customer* i melalui ODP j menuju ODC k

$C_{fs} :$ Biaya khusus untuk sambungan penyambungan fusi (fusion splicing)

$L_{jk} :$ Panjang sambungan dari ODP j menuju ODC k

$a :$ Jumlah kabel

$i : customer$

$j : ODP$

$k : ODC$ ke-k

4. Decision Variables

$x_{ij} \in \{0, 1\}$

: 1 jika *customer* i dialokasikan ke ODP j

$y_{ij} \in \{0, 1\}$: 1 jika ODP j terhubung ke ODC k

5. Linear Programming Model

Seluruh data tersebut kemudian diolah menggunakan perangkat lunak LINGO, dengan formulasi matematis [27], [28], [29], [30], [31] untuk:

Fungsi tujuan : meminimalkan jumlah biaya distribusi, dan

Objective Function:

$$\begin{aligned} \text{Min} \quad Z &= \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^s x_{ijk} (cx \cdot L_{ijk} + \\ &c_{fs} \left(\frac{L_{ijk}}{a} \right)) + \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^s Y_{jk} (cx \cdot L_{jk} + c_{fs} \left(\frac{L_{jk}}{a} \right)) \\ (2) \end{aligned}$$

Fungsi kendala : membatasi kapasitas maksimum yang telah ditetapkan, yang dirumuskan sebagai berikut:

- a. Memastikan bahwa setiap rumah *customer* hanya dapat dialokasikan ke satu ODP.

$$\sum_{k=1}^s \sum_{i=1}^n x_{ijk} = 1 ; \forall j, k \quad (3)$$

- b. Batas kapasitas maksimum sebuah ODP adalah 8 rumah *customer*.

$$\sum_{i=1}^m x_{ijk} \leq b, \forall i, j = 1, 2, \dots, m \quad (4)$$

- c. Fungsi kendala untuk menghubungkan ODP ke ODC.
Pastikan setiap ODP terhubung ke satu ODC tertentu.

$$\sum_{k=1}^s Y_{jk} = 1, \forall k, k \in \{1, 2, \dots, s\} \quad (5)$$

- d. Membatasi rentang maksimum antara ODP yang terhubung ke *customer* agar tidak melebihi 250 m.

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} L_{ij \leq 2} \quad (6)$$

Langkah selanjutnya adalah memasukkan formulasi tersebut ke dalam perangkat lunak LINGO agar dapat diperoleh solusi optimal.

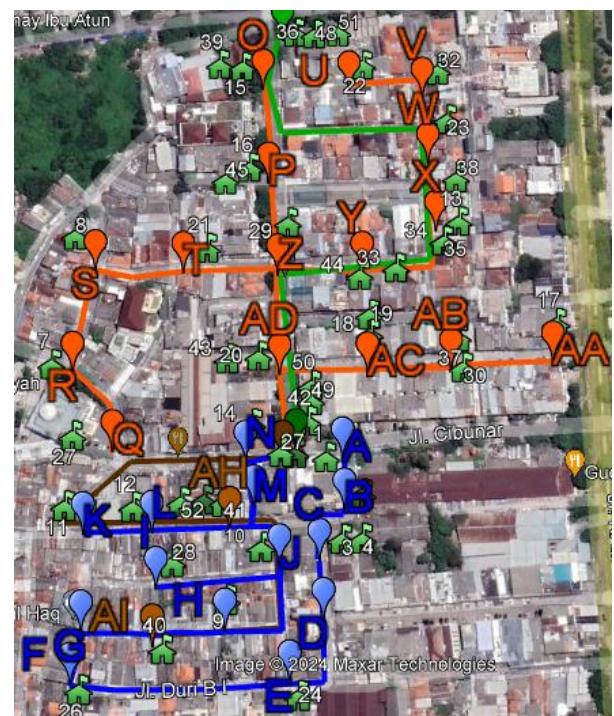
6. Solution Method: model LP diselesaikan menggunakan metode Branch and Bound yang tersedia pada perangkat lunak LINGO 19.0 versi akademik, untuk memperoleh solusi optimal global.
 7. Skema ODC pada ODP Baru (Jalur FTTH)

Pada tahap ini, peneliti mengidentifikasi lokasi penelitian, yaitu Kecamatan Gambir, Jakarta Pusat. Dengan menggunakan perangkat lunak Google Earth Pro, peneliti membatasi area penelitian untuk memperjelas batasan permasalahan. Selanjutnya, peneliti mengumpulkan informasi mengenai penempatan ODC di rute distribusi ODP menuju 52 rumah *customer* yang saat ini digunakan. Tahap berikutnya adalah menganalisis rute distribusi yang dilalui kabel FTTH untuk menentukan panjang kabel yang digunakan serta alur konesinya. Selain itu, rentang antar ODP juga dihitung untuk mendukung analisis perancangan. Berdasarkan hasil tersebut, skema jalur baru kemudian dapat dibuat

berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan pendekatan Linear Programming dengan perangkat lunak LINGO. Tahap selanjutnya adalah melakukan analisis sensitivitas, yang bertujuan untuk menentukan dan mengantisipasi dampak perubahan yang mungkin terjadi di masa mendatang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, jenis kabel serat optik yang digunakan adalah tipe 12 core. Pemilihan jumlah core sebanyak 12 didasarkan pada ketersediaan ODP di lapangan. Peneliti melaksanakan penelitian dengan lokasi berada di Jalan Duri Gambir, Kec. Gambir, di Jakarta Pusat.



Gambar 2. Lokasi Penelitian

Berdasarkan Gambar 2, rute distribusi yang dilalui oleh kabel FTTH dibagi menjadi empat rute, yaitu:

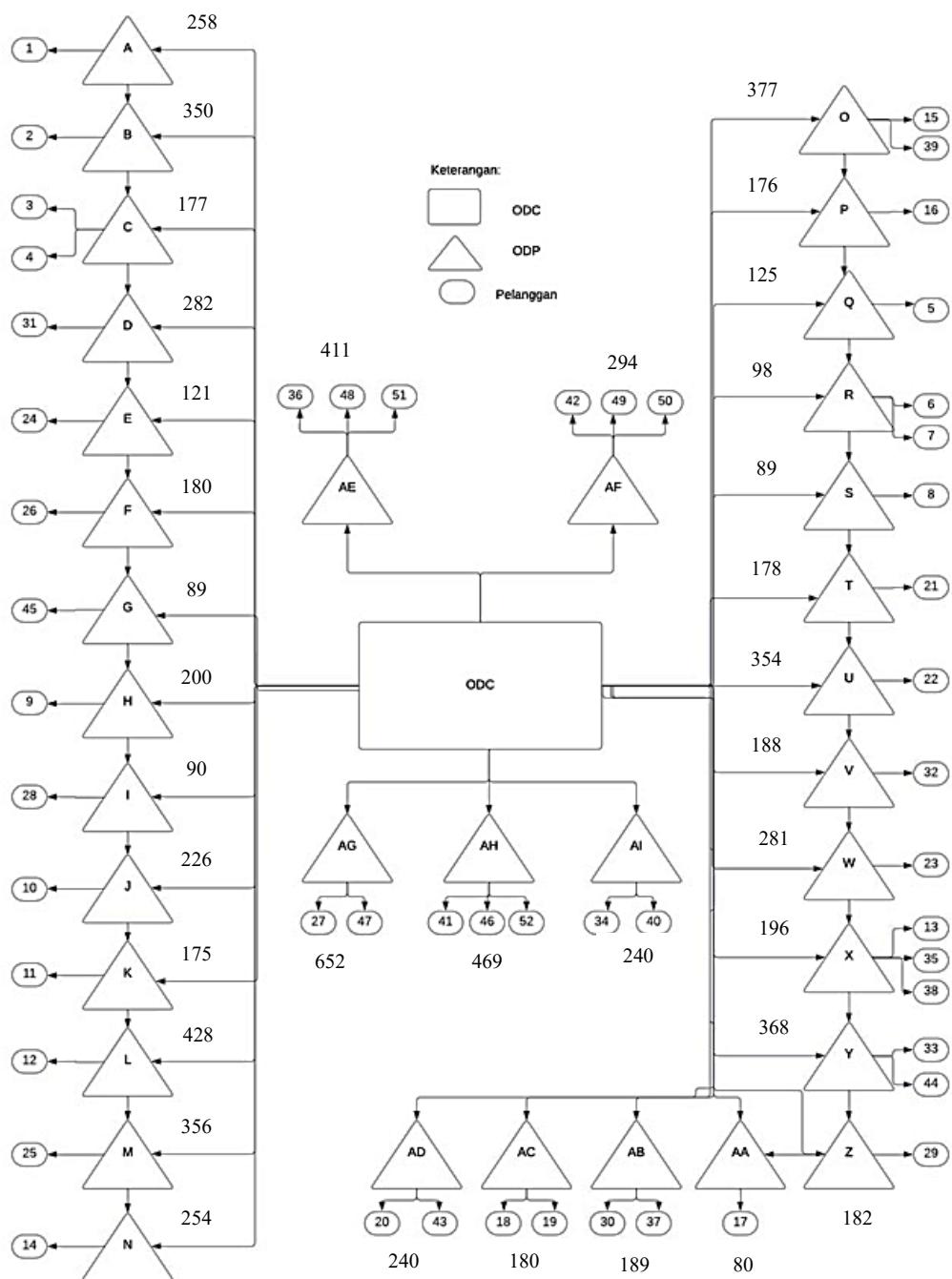
- a. Rute distribusi 1 ditandai dengan label biru dengan total panjang kabel 846 meter,
 - b. Rute distribusi 2 ditandai dengan label oranye dengan total panjang kabel 817 meter,
 - c. Rute distribusi 3 ditandai dengan label hijau dengan total panjang kabel 330 meter, dan
 - d. Rute distribusi 4 diberi label cokelat dengan total panjang kabel 502 meter.

Rute distribusi 1 melintasi Jalan Cibunar ke Jalan Duri B III menuju Jalan Duri B II dilanjutkan ke Jalan Duri B I lalu ke Jalan Duri B IV berakhir di Jalan Duri B VII. Sedangkan rute distribusi 2 melintasi Jalan Duri I ke Jalan Duri dilanjutkan ke Jalan Duri A7 kemudian Jalan Duri A VI berlanjut ke Jalan Duri A IX berakhir di Jalan Duri A II.

Setelah memperoleh informasi mengenai ODP pada setiap rute distribusi, penamaan dilakukan secara

berurutan berdasarkan abjad dari A hingga AI. Hal ini dilakukan karena jumlah data ODP mencapai 35 titik. Selanjutnya, rentang antara setiap ODP dengan titik pusat (ODC) diukur. Hasil pengukuran tersebut ditampilkan gambar 3, yang memuat informasi mengenai rentang antara setiap ODP dan ODC.

Setelah memperoleh hasil nilai rentang antara rute distribusi ODP ke ODC, diketahui bahwa rentang dari ODP A (1) ke ODC adalah 258 m sedangkan rentang terakhir dari ODP AI (35) ke ODC adalah 240 m. Adapun penempatan ODC terhadap ODP dijelaskan pada gambar 4:



Gambar 3. Skema Jalur FTTH Saat Ini

Gambar 3 menunjukkan skema pada jalur FTTH saat ini, di mana terdapat 35 ODP dan 52 rumah *customer* yang belum dioptimalkan dari proyek yang telah dilaksanakan. Oleh karena itu, peneliti melakukan analisis untuk mengurangi jumlah ODP dengan melakukan wawancara bersama para ahli, yaitu manajer survei, bagian gambar, dan inventarisasi. Hasil dari analisis tersebut menunjukkan bahwa jumlah ODP yang semula 35 dapat

dikurangi menjadi 14 ODP, serta rute distribusi yang sebelumnya berjumlah 4 dapat dipangkas menjadi 2 jalur, dan hanya 20 rumah *customer* yang dipilih dari jumlah 52 *customer*. Dari pertimbangan teknis dan ekonomi, langkah ini dinilai lebih efisien, karena dapat mengurangi jumlah kabel yang dibutuhkan, sehingga mengurangi redaman (*attenuation*) serta tidak mengganggu tata ruang secara visual.

- Biaya instalasi pada *network system* FTTH
Hasil analisis menggunakan konfigurasi ODP 1:8 dan ODC 1:4 menunjukkan bahwa estimasi biaya instalasi *network system* FTTH yaitu sebesar RP 64.747.000.
- Jumlah kapasitas kabel yang dibeli dengan jenis kabel FO udara 12 core adalah 2.000 m.
- Hitung parameter "C" menggunakan persamaan (1) untuk memperoleh:

$C = \left(\frac{Rp\ 64.747.000}{\frac{2000\ meter}{12\ core}} \right)$ adalah Rp 2.698,- biaya material dan tenaga kerja inti per m.

C_{fs} adalah biaya sambungan menggunakan fusion splicing adalah Rp 54.000

- Langkah selanjutnya adalah menggunakan pendekatan Linear Programming dengan perangkat lunak LINGO.
- Langkah awal dimulai dengan mendefinisikan variabel-variabel dalam penelitian, yaitu:
Nilai parameter:
 x adalah jumlah titik distribusi yang akan dipasang dalam *network system* serat optik.
 y adalah jumlah rumah *customer* yang akan dihubungkan dalam *network system*.

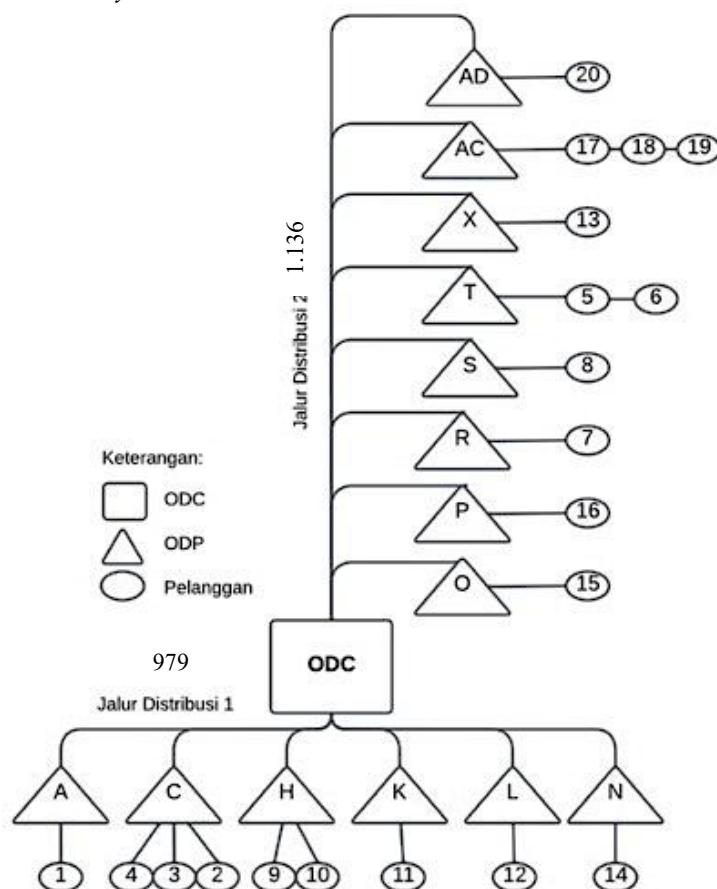
- Fungsi tujuan (Objective Function) menggunakan persamaan (2):

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^s x_{ijk} (2.698 \cdot L_{ijk} + 54.000 \left(\frac{L_{ijk}}{2.000} \right)) + \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^s Y_{jk} (2.698 \cdot L_{jk} + 54.000 \left(\frac{L_{jk}}{2.000} \right))$$

- Fungsi kendala teoretis (Theoretical Constraint Function) menggunakan persamaan (3) sampai (6).

Setelah perumusan model matematis yang melibatkan fungsi tujuan dan fungsi kendala dilakukan, model tersebut kemudian diimplementasikan untuk pengolahan data menggunakan perangkat lunak LINGO 19.0.

Dari hasil pengolahan data menggunakan perangkat lunak LINGO, diperoleh biaya sebesar Rp 49.085.400. Selanjutnya, hasil pengolahan menggunakan LINGO tersebut disajikan kembali agar lebih mudah dibaca, yaitu dalam bentuk skema jalur penempatan pada 20 rumah *customer*, yang divisualisasikan pada gambar 4:



Gambar 4. Skema Jalur Baru FTTH

Skema pada Gambar 4 menunjukkan jalur FTTH baru untuk *customer*, yang dimulai dari penamaan label A yang terletak pada rumah *customer* nomor 1. Selanjutnya, label C terletak pada rumah *customer* nomor 2, 3, dan 4, label H terletak pada rumah *customer* nomor 9 dan 10, label K terletak pada rumah *customer* nomor 11, label L pada rumah *customer* nomor 12, label N pada

rumah *customer* nomor 14, sehingga jalur distribusi 1 total panjang kabel adalah 979 meter ODP ke ODC. Untuk jalur distribusi 2 terdiri dari label O pada rumah *customer* nomor 15, label P pada rumah *customer* nomor 16, label R pada rumah *customer* nomor 7, label S pada rumah *customer* nomor 8, label T pada rumah *customer* nomor 5 dan 6, label X pada rumah *customer* nomor 13, label AC pada rumah *customer* nomor 17, 18, dan 19,

serta label AD pada rumah *customer* nomor 20 dengan total panjang kabel ODP ke ODC adalah 1.136 meter. Selanjutnya, pembagian *customer* (penempatan *customer*) disajikan pada Tabel 2:

Tabel 2. Penempatan *customer*

	Jalur (k)	ODP (j)	<i>customer</i> (i)
O D C	1	A (1)	1
		C (3)	4, 3, 2
		H (8)	9, 10
		K (11)	11
		L (12)	12
		N (14)	14
	2	O (15)	15
		P (16)	16
		R (18)	7
		S (19)	8
		T (20)	5, 6

	X (24)	13
	AC (29)	17, 18, 19
	AD (30)	20

Tabel 2 memperlihatkan bahwa pada jalur 1, ODC mengakomodasi ODP A, C, H, K, L, dan O, yang melayani rumah pelanggan nomor 1, 2, 3, 4, 9, 10, 11, 12, dan 14. Sementara itu, pada jalur 2, ODC menangani ODP O, P, R, S, T, X, AC, dan AD untuk rumah pelanggan nomor 5, 6, 7, 8, 11, 15, 16, 17, 18, 19, dan 20.

e. Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas digunakan untuk mengukur dampak perubahan sejumlah parameter terhadap jumlah biaya implementasi *network system* FTTH di Kec Gambir, Jakarta Pusat. Pada tahap ini, evaluasi difokuskan pada perubahan pemakaian kabel serat optik 12 core, yang memengaruhi parameter “C”. Selain itu, jenis Optical Distribution Point (ODP) yang digunakan juga berkontribusi terhadap nilai parameter C. Berdasarkan kebijakan manajemen, ODP outdoor dapat menggunakan tipe 1:8 atau 1:4. Dalam analisis sensitivitas ini, solusi optimal dianalisis ulang dengan asumsi bahwa seluruh ODP diganti menjadi tipe 1:4. Perubahan jenis ODP tersebut mengharuskan rekalkulasi BoQ untuk memperoleh parameter C terbaru. Parameter C tercantum pada tabel 3.

Tabel 3. Daftar Kuantitas (BoQ) ODP 1:4

Item Name	Unit	Servis (Rp)	Cost (Rp)	Kapasitas	Jumlah (Rp)	Biaya Pemasangan (Rp)
ODP dengan pembagi sinyal optik pasif 1:4	Pcs	30.750	361.500	69	24.943.500	2.121.750
Kabel FO Udara 24 core	M	7.700	72.765	1.000	72.765.000	7.700.000
Biaya Tenaga Kerja	Hari/km	3	110.000	2	-	660.000
Penyambungan fiber optik secara fusion	piece	53.000		79	-	4.187.000
			Jumlah Biaya Material		97.708.500	14.668.750
				Jumlah Keseluruhan		112.377.250

Tabel 3 memberikan rincian mengenai komponen-komponen yang terlibat, termasuk perubahan biaya yang mungkin terjadi akibat perubahan jenis ODP. Penyajian informasi ini dirancang agar analisis sensitivitas dapat dilakukan secara menyeluruh dan komprehensif.

Apabila ODP diubah menjadi tipe 1:4, hasil perhitungan pada tabel 2 menunjukkan bahwa penyesuaian rute distribusi *network system* FTTH di Jalan Duri

menyebabkan jumlah biaya meningkat menjadi Rp112.377.250. Kenaikan ini dipicu oleh bertambahnya jumlah ODP yang diperlukan, yaitu menunjukkan peningkatan dua kali lebih besar dibandingkan penggunaan ODP tipe 1:8. Perubahan tersebut juga berdampak pada jenis kabel serat optik yang digunakan, di mana jumlah core harus ditingkatkan dari 12 menjadi 24 core. Pemilihan kabel 24 core dilakukan untuk menyesuaikan jumlah koneksi ODP yang dibutuhkan.

Pada konfigurasi sebelumnya, satu lokasi instalasi hanya memerlukan satu ODP tipe 1:8, sedangkan pada konfigurasi baru dengan tipe 1:4, setiap lokasi membutuhkan dua unit ODP tipe 1:8. Selanjutnya, untuk menentukan nilai parameter C berdasarkan Bill of Quantity pada Tabel 7, digunakan persamaan (1) sebagai acuan. Dengan jumlah pembelian kabel FO udara 24 core sebesar 1.000 m, nilai parameter "C" mengacu pada Persamaan (1). Observasi yang dilakukan di Jalan Duri ini, berikut merupakan uraian dari tiap tahapan tersebut:

- Jumlah kabel yang dibeli dengan jenis kabel FO udara 24 core adalah 1.000 m.
- Hitung parameter "C" menggunakan persamaan (1) untuk memperoleh:

$$C = \left(\frac{Rp\ 112.377.250}{\frac{1000\ meter}{24\ core}} \right) \text{ adalah Rp } 4683,- \text{ merupakan biaya material per m, dari biaya tenaga kerja inti kabel per m.}$$

C_{fs} adalah biaya sambungan menggunakan "fusion splicing" adalah Rp 53.000

- Langkah selanjutnya adalah menggunakan pendekatan Linear Programming dengan perangkat lunak LINGO, yaitu:
 - Langkah awal: mendefinisikan variabel-variabel dalam penelitian, yaitu:
Nilai parameter:
 x adalah jumlah titik distribusi yang akan disusun dalam *network system* serat optik.
 y adalah jumlah rumah *customer* yang akan dihubungkan ke *network system*.
 - Fungsi tujuan (Objective Function) menggunakan persamaan (2):

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^s x_{ijk} (4.683 \cdot L_{ijk} + 53.000 \left(\frac{L_{ijk}}{1.000} \right)) + \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^s y_{jk} (4.683 \cdot L_{jk} + 53.000 \left(\frac{L_{jk}}{1.000} \right))$$

- Fungsi kendala teoretis (Constraint Function) dirumuskan melalui persamaan (3) hingga (6).

Setelah model matematis disusun, mencakup fungsi tujuan serta fungsi kendala, langkah selanjutnya adalah mengimplementasikan model tersebut dalam proses pengolahan data menggunakan perangkat lunak LINGO 19.0.

Setelah memperoleh model matematis beserta fungsi tujuan dan fungsi kendala, model tersebut akan diimplementasikan dalam pengelolaan data menggunakan perangkat lunak LINGO 19.0, dengan bahasa pemrograman yang telah ditentukan sebagai berikut:

$$\text{Persentase perbedaan} = \frac{\text{New Value} - \text{Old Value}}{\text{Old Value}} \times 100\%$$

$$\text{Persentase perbedaan} = \frac{\text{Rp}78.205.400 - \text{Rp}49.085.400}{\text{Rp}49.085.400} \times 100\%$$

$$\text{Persentase perbedaan} = \frac{\text{Rp}29.120.000}{\text{Rp}49.085.400} \times 100\%$$

$$\text{Persentase perbedaan} \approx 59.37\%$$

Dengan demikian, gap persentase antara biaya Rp78.205.400 dan Rp49.085.400 yaitu sebesar 59,37%. Apabila ODP tipe 1:4 diterapkan, biaya rute distribusi *network system* FTTH akan meningkat sebesar 59,37% dibandingkan penggunaan ODP tipe 1:8, dengan perbedaan biaya sekitar Rp29.120.000. Selain itu, pemakaian ODP 1:4 berpotensi menurunkan estetika penataan ruang karena total perangkat yang lebih banyak. Jumlah sambungan kabel yang meningkat pada ODP 1:4 juga menambah tingkat kerumitan perawatan *network system*, yang pada akhirnya dapat meningkatkan biaya pemeliharaan di kemudian hari.

Perbandingan keunggulan antara penggunaan ODP 1:8 dan ODP 1:4 disajikan sebagai berikut:

- ODP 1:4 memiliki kapasitas lebih besar dibandingkan ODP 1:8 dalam hal jumlah *customer* yang dapat dilayani oleh satu ODP. Sementara itu, ODP 1:8 cenderung memerlukan biaya awal yang lebih rendah, karena membutuhkan lebih sedikit peralatan dan material.
- Pembangunan dan pemeliharaan ODP 1:4 memerlukan investasi awal yang lebih besar, namun biaya per *customer* cenderung lebih rendah karena biaya dapat dibagi pada jumlah *customer* yang lebih sedikit. Penerapan ODP 1:8 lebih fleksibel dan dapat mencakup area yang lebih luas dengan jumlah ODP yang lebih sedikit.

Sementara itu, kekurangan penggunaan ODP 1:8 dan ODP 1:4 adalah sebagai berikut:

- Pembangunan ODP 1:4 membutuhkan lebih banyak peralatan dan material, sehingga biaya awal mungkin lebih tinggi. Di sisi lain, pada area dengan jumlah *customer* yang sangat sedikit, penggunaan ODP 1:8 bisa terlalu besar dan tidak efisien.
- Penempatan ODP 1:4 perlu dipertimbangkan secara hati-hati agar dapat memberikan layanan yang merata kepada *customer*. Sementara itu, ODP 1:8 yang memiliki kapasitas lebih besar dapat membuat proses pemeliharaan dan perbaikan menjadi lebih kompleks dibandingkan dengan ODP 1:4.

Hasil optimasi menunjukkan bahwa konfigurasi ODP 1:8 memberikan solusi biaya minimum dibandingkan ODP 1:4. Pengurangan jumlah ODP dan panjang total kabel secara signifikan menurunkan biaya instalasi serta kompleksitas pemeliharaan jaringan. Temuan ini konsisten dengan prinsip optimasi jaringan distribusi yang menekankan konsolidasi fasilitas untuk menekan biaya tetap dan variabel.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan model Linear Programming mampu mengoptimalkan konfigurasi ODC ODP pada jaringan FTTH secara signifikan. Konfigurasi ODP 1:8 menghasilkan penghematan biaya sebesar 59,37% dibandingkan konfigurasi awal, serta meningkatkan efisiensi dan kemudahan pemeliharaan jaringan. Keterbatasan penelitian ini terletak pada asumsi permintaan statis dan tidak mempertimbangkan ketidakpastian pertumbuhan

pelanggan. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan model ini dengan pendekatan *stochastic programming* atau *multi-period planning* untuk mengakomodasi dinamika permintaan dan ekspansi jaringan di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Luies, S. E. Terblanché, and M. J. Grobler, “Warm-Start Heuristics For Solving The Passive Optical Network Planning Problem,” *The South African Journal of Industrial Engineering*, vol. 29, no. 3, Nov. 2018, doi: 10.7166/29-3-2065.
- [2] D. Suhika, T. Muliawati, and H. Ruwandar, “Optimalisasi Rencana Pemasangan Kabel Fiber Optic Di Itera Dengan Algoritma Prim,” *AKSIOMA Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, vol. 9, no. 1, p. 86, Mar. 2020, doi: 10.24127/ajpm.v9i1.2597.
- [3] A. A. Fatahilah and L. Nurpulaela, “Penanganan Loss Jaringan Internet Pada Perangkat Odp Di Witel Karawang,” *Power Elektronik Jurnal Orang Elektro*, vol. 10, no. 2, p. 24, Jul. 2021, doi: 10.30591/polektro.v10i2.2580.
- [4] R. Yanto, D. Irfan, and A. Huda, “Analisis Quality of Service Jaringan Wireless untuk Teknologi Streaming,” *EDUMATIC Jurnal Pendidikan Informatika*, vol. 6, no. 2, p. 167, Dec. 2022, doi: 10.29408/edumatic.v6i2.5840.
- [5] E. Andika, L. Nurlani, N. Natalia, and S. Muwahhid, “Implementasi Application Programmable Interface pada Sistem Manajemen Jaringan Berbasis Website,” *JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa)*, vol. 7, no. 2, p. 223, Jan. 2023, doi: 10.31544/jtera.v7.i2.2022.223-232.
- [6] B. Mulliez, “Linearization based networks of neurons for power amplifiers,” HAL (Le Centre pour la Communication Scientifique Directe), Jun. 2015, Accessed: Feb. 2025. [Online]. Available: <https://theses.hal.science/tel-01241354>
- [7] J. Radjabayolle and R. Pulungan, “Prediksi Penggunaan Bandwidth Menggunakan Elman Recurrent Neural Network,” *Barekeng Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan*, vol. 10, no. 2, p. 127, Dec. 2016, doi: 10.30598/barekengvol10iss2pp127-135.
- [8] M. B. I. Reaz and M. A. S. Bhuiyan, RF Systems, Circuits and Components. IntechOpen, 2019. doi: 10.5772/intechopen.72548.
- [9] S. Arifin, “Perancangan Sistem Monitoring Kualitas Udara Real Time Basis Wireles Sensor Network Dan Edge Computing untuk Optimasi Letasi Data.” Oct. 2025. doi: 10.20473/KNJ.I.I.371-381.
- [10] W. R. F. Author and A. W. Author, “Pengembangan Sistem Visualisasi Topologi Jaringan Olt Berbasis Website Dengan Fitur Monitoring Traffic Dan Deteksi Perangkat,” *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 13, Oct. 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i3s1.7575.
- [11] Y. Yustini, A. A. Asril, H. Setiawan, P. Maria, and S. Rifka, “Installation and Activation of Fiber To The Home (FTTH) Networks and Macrobending Problems in the Feeder Cable Segment,” *Brill. Res. Artif. Intell.*, vol. 3, no. 2, 2023, doi: 10.47709/brilliance.v3i2.2967.
- [12] Z. Abdellaoui, Y. Dieudonne, and A. Aleya, “Design, implementation and evaluation of a Fiber To The Home (FTTH) access network based on a Giga Passive Optical Network GPON,” *Array*, vol. 10, 2021, doi: 10.1016/j.array.2021.100058.
- [13] R. F. Adiat, A. Kusumawardhani, and H. Setijono, “Design and Analysis of an FTTH-GPON in a Residential Area,” *J. Pendidik. Fis. dan Teknol.*, vol. 8, no. 2, 2022, doi: 10.29303/jpft.v8i2.4233.
- [14] M. R. Borman and M. Oktavia, “One Vehicle Routing Problem as the Best Solution for a Hangout Catering Company Expansion Plan with Lingo Software,” *Fakt. Exacta*, vol. 13, no. 4, 2021, doi: 10.30998/faktorexacta.v13i4.7540.
- [15] M. I. Amaluna, N. Alamsyah, R. Khofia, and M. Fauzi, “Optimizing Transportation Costs Using the North West Corner (NWC) Method and Lingo Software,” *JURMATIS (Jurnal Manaj. Teknol. dan Tek. Ind.)*, vol. 4, no. 1, 2022, doi: 10.30737/jurmatis.v4i1.1889.
- [16] M. I. Amaluna, N. Alamsyah, R. Khofia, and M. Fauzi, “Optimizing Transportation Costs Using the North West Corner (NWC) Method and Lingo Software,” *JURMATIS (Jurnal Manaj. Teknol. dan Tek. Ind.)*, vol. 4, no. 1, 2022, doi: 10.30737/jurmatis.v4i1.1889.
- [17] M. H. Kasim, I. Djakaria, and L. Yahya, “Integer Linear Programming Model on Logistics Distribution Optimization in Disaster Areas,” *Res. Math. Nat. Sci.*, vol. 1, no. 1, 2022, doi: 10.55657/rmns.v1i1.3.
- [18] J. E. Gómez-Rocha and E. S. Hernández-Gress, “A Stochastic Programming Model for Multi-Product Aggregate Production Planning Using Valid Inequalities,” *Appl. Sci.*, vol. 12, no. 19, 2022, doi: 10.3390/app12199903.
- [19] R. Sidik and Y. Ray, “Interactive Map-Based Optical Distribution Point (ODP) Mapping,” *J. Eng. Sci. Technol.*, vol. 16, no. 3, 2021.
- [20] L. H. Harahap, M. K. M. Nasution, and S. Sawaluddin, “A Mathematical Model of Diet Menu Problem Based on Boolean Linear Programming Approach,” *Sinkron*, vol. 8, no. 3, 2023, doi: 10.33395/sinkron.v8i3.12592.
- [21] H. Husain, E. Mite, R. Azhar, L. Widayati, and A. Apriani, “Distribution Network Expansion Analysis Using Branching Optical Distribution Point (ODP) and Fiber Optic Attenuation (FO) Methods,” *J. Bumigora Inf. Technol.*, vol. 5, no. 1, 2023, doi: 10.30812/bite.v5i1.2959.
- [22] I. M. Zukri, “Analysis of the Effect of Using Passive Splitters at Optical Distribution Points (ODP) on Network Performance at Customer Homes,” *J. Ilm. Poli. Rekayasa*, vol. 18, no. 1, 2022, doi: 10.30630/jipr.18.1.249.
- [23] S. Sibuea, F. B. N. M. Sinaga, D. Setiadi, and Y.

- B. Widodo, "Design and Analysis of Attenuation in Fiber To The Home Network using OTDR (Optical Time Domain Reflectometer)," *J. Teknol. Inform. dan Komput.*, vol. 9, no. 2, 2023, doi: 10.37012/jtik.v9i2.1858.
- [24] M. I. MI and Y. Saragih, "Fiber To The Home (FTTH) Network Design Using Google Earth Pro Application," *Aisyah J. Informatics Electr. Eng.*, vol. 5, no. 1, 2023, doi: 10.30604/jti.v5i1.133.
- [23] F. N. Aida and W. Rahminda, "Analysis of Fertilizer Distribution Transportation Costs Using Lingo Software," *J. REKAYASA Sist. Ind.*, vol. 5, no. 2, 2020, doi: 10.33884/jrsi.v5i2.1930.
- [24] B. Men and S. Yin, "Application of LINGO in Water Resources Optimization Teaching Based on Integer Programming," *Creat. Educ.*, vol. 09, no. 15, 2018, doi: 10.4236/ce.2018.915190.
- [25] D. P. Sahar and M. T. Afifudin, "Pemrograman Linear Integer Dengan Enam Variabel Orientasi Kargo Untuk Masalah Minimisasi Biaya Pemuatan Multi-Kontainer," *JOTI UNDIP Jurnal Teknik Industri*, vol. 15, no. 3, p. 162, Aug. 2020, doi: 10.14710/jati.15.3.162-168.
- [26] N. Van Thanh, "Production Scheduling Mathematical Model in Garment Industry," *ARRUS J. Math. Appl. Sci.*, vol. 1, no. 1, 2021, doi: 10.35877/mathscience491.
- [27] B. Cortés-Caicedo, O. D. Montoya, L. F. Grisales-Noreña, W. Gil-González, and J. A. Ardila-Rey, "Simultaneous Feeder Routing and Conductor Selection in Rural Distribution Networks Using an Exact MINLP Approach," *Smart Cities*, vol. 8, no. 2, p. 68, Apr. 2025, doi: 10.3390/smartcities8020068.
- [28] I. Ljubić, P. Pütz, and J. Salazar-González, "A MIP-based approach to solve the prize-collecting local access network design problem," *European Journal of Operational Research*, vol. 235, no. 3, p. 727, Nov. 2013, doi: 10.1016/j.ejor.2013.11.003.
- [29] G. Liu, X. Wang, Y. Wang, and H. Biyao, "Comparison of Planning Algorithm for Passive Optical Networks," Jan. 2015, doi: 10.2991/itms-15.2015.174.
- [30] U. Farooq, S. Bashir, T. Tasneem, A. Saboor, and A. Rauf, "Migration from Copper to Fiber Access Network using Passive Optical Network for Green and Dry Field Areas of Pakistan," arXiv (Cornell University), Mar. 2022, doi: 10.48550/arxiv.1509.05958.
- [31] H. M. D. R. H. Samarakoon, R. Shrestha, and O. Fujiwara, "A mixed integer linear programming model for transmission expansion planning with generation location selection," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 23, no. 4, p. 285, May 2001, doi: 10.1016/s0142-0615(00)00042-9.