

# Perancangan Jaringan Kabel Optik pada Perangkat Tower Telkomsel di Ibu Kota Nusantara (IKN)

Anwar Fatah<sup>1</sup>, Adzan Firnanda Ramadhani<sup>2</sup>, Diah Patriana<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri Universitas Balikpapan

Jln. Pupuk Raya Gn. Bahagia Balikpapan 76114 INDONESIA

Email; <sup>1</sup>anwar.fattah@uniba-bpn.ac.id

**Intisari**—Perkembangan infrastruktur digital di Ibu Kota Nusantara (IKN) menuntut ketersediaan jaringan komunikasi yang andal dan berkelanjutan. Salah satu kebutuhan utama adalah penyediaan jaringan kabel serat optik untuk mendukung layanan data pada perangkat tower milik PT. Telkomsel. Untuk menjawab kebutuhan tersebut, PT. Telkom Indonesia merancang dua skenario pengembangan jaringan: jangka pendek, menyesuaikan dengan kondisi pembangunan infrastruktur dasar oleh Otorita IKN, dan jangka panjang, yang mengacu pada Master Utility Trench (MUT) sebagai jalur permanen infrastruktur jaringan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang arsitektur jaringan kabel optik jangka panjang yang optimal dan sesuai standar. Metode yang digunakan mencakup pengumpulan data lapangan, analisis kebutuhan teknis, dan pemodelan jaringan. Perangkat lunak Google Earth Pro digunakan untuk memetakan jalur kabel berdasarkan kondisi geografis aktual, sedangkan aplikasi draw.io dimanfaatkan untuk menggambar desain topologi jaringan. Analisis kelayakan jaringan dilakukan melalui perhitungan Link Budget untuk memastikan kualitas transmisi sinyal tetap berada dalam batas toleransi yang diperbolehkan. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa desain jaringan kabel optik yang diusulkan memenuhi standar teknis berdasarkan perhitungan Link Budget. Dengan demikian, desain ini layak untuk diimplementasikan sebagai solusi permanen dalam mendukung layanan komunikasi PT. Telkomsel di wilayah IKN.

**Kata kunci** —Fiber Optik, Jaringan Telekomunikasi, Link Budget, Google Earth Pro, Ibu Kota Nusantara, Desain Topologi.

## I. PENDAHULUAN

Pembangunan Ibu Kota Nusantara (IKN) sebagai pusat pemerintahan baru Indonesia memerlukan infrastruktur teknologi informasi dan komunikasi (TIK) yang handal dan modern. Salah satu elemen vital dalam mendukung konektivitas digital di IKN adalah tersedianya jaringan telekomunikasi yang cepat, stabil, dan berkapasitas tinggi. Dalam konteks ini, jaringan kabel optik menjadi pilihan utama karena mampu memberikan kecepatan transmisi data yang sangat tinggi dengan tingkat gangguan yang rendah.[1]. PT. Telekomunikasi Indonesia (PT. Telkom Indonesia) sebagai Badan Usaha Milik Negara (BUMN) menghadirkan layanan berbasis data internet, termasuk IPTV dan VoIP, melalui sistem kabel optik yang mampu menyediakan kecepatan data yang lebih tinggi dibandingkan kabel tembaga.

PT. Telkomsel, anak perusahaan PT. Telkom Indonesia, bergerak di bidang penyedia layanan internet selular sejak tahun 1995. Menggunakan media radio atau wireless dengan perangkat BTS di tower dan kartu SIM di perangkat selular pelanggan, PT. Telkomsel memudahkan akses telepon dan data internet bagi pelanggannya. Kerjasama antara PT.

Telkomsel dan PT. Telkom dalam mengintegrasikan sistem kabel optik dengan BTS bertujuan untuk memberikan layanan internet yang lebih cepat dan stabil bagi pelanggan. Telkomsel, sebagai salah satu penyedia layanan telekomunikasi terbesar di Indonesia, memiliki peran strategis dalam pembangunan infrastruktur digital di IKN. Keberadaan perangkat tower Telkomsel di wilayah tersebut harus didukung oleh sistem jaringan kabel optik yang dirancang secara optimal agar mampu mendistribusikan sinyal secara efisien dan mendukung layanan 4G maupun 5G.

Saat ini, PT. Telkomsel dan PT. Telkom bekerja sama mendukung Proyek Pembangunan Ibu Kota Nusantara (IKN) dalam hal infrastruktur teknologi komunikasi. PT. Telkomsel merencanakan pembangunan 19 tower di beberapa area IKN, sementara PT. Telkom akan menyediakan jaringan kabel fiber optik untuk mendukung layanan PT. Telkomsel di IKN. Kerjasama ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan masyarakat akan kecepatan data internet yang lebih baik dan stabil.

Perancangan jaringan kabel optik tidak hanya melibatkan pemilihan jalur dan teknologi yang tepat, tetapi juga mempertimbangkan aspek topografi, kebutuhan kapasitas trafik data, keandalan sistem, serta efisiensi biaya. Oleh karena itu, studi ini bertujuan untuk merancang jaringan kabel optik yang mendukung operasional perangkat tower Telkomsel di IKN, dengan pendekatan teknis dan analitis yang mempertimbangkan kondisi geografis dan kebutuhan masa depan kawasan.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

Dalam merancang jaringan kabel optik yang mendukung perangkat tower telekomunikasi, diperlukan pemahaman mendalam terhadap teknologi serat optik, prinsip perancangan jaringan, serta kondisi dan kebutuhan khusus dari wilayah yang menjadi objek kajian, dalam hal ini Ibu Kota Nusantara (IKN).

### A. Fiber Optik

Fiber Optik merupakan salah satu teknologi komunikasi yang saat ini banyak diterapkan pada Provider Telekomunikasi, Fiber Optik menjadi media transmisi untuk mengirimkan data, suara, maupun layanan televisi. Fiber Optik dapat mengirimkan data informasi dengan cepat, besar, dan memiliki sedikit hambatan ketika mengirimkan data. Kabel optik menggunakan gelombang cahaya untuk mentransmisikan data dengan kecepatan tinggi dan jarak jauh. Teknologi ini lebih efisien daripada kabel tembaga dalam hal kapasitas data dan imunitas terhadap interferensi.

### B. *Fiber to the X (FTTX)*

Fiber To The X (FTTX) adalah suatu konsep dalam arsitektur jaringan kabel optik yang merujuk pada berbagai konfigurasi di mana serat optik ditarik dari pusat jaringan ke berbagai titik akhir tertentu (ditandai dengan huruf "X"). Dalam konfigurasi ini, umumnya terdapat dua atau lebih perangkat aktif yang saling terhubung dalam satu struktur jaringan, dan masing-masing segmen dapat memiliki sumber catu daya yang berbeda. FTTX mencakup beberapa varian, seperti FTTH (Fiber To The Home), FTTB (Fiber To The Building), dan FTTC (Fiber To The Curb), yang masing-masing disesuaikan dengan kebutuhan dan lingkungan pengguna.

### C. *Fiber to the Home (FTTH)*

Fiber To The Home (FTTH) merupakan salah satu bentuk dari FTTX di mana kabel serat optik ditarik langsung hingga ke rumah pelanggan. Konfigurasi ini memberikan kapasitas bandwidth yang tinggi dan kualitas koneksi yang sangat stabil karena seluruh jalur dari pusat hingga pengguna menggunakan media fiber optik. Di sisi pelanggan, diperlukan perangkat aktif berupa Optical Network Terminal (ONT) yang berfungsi sebagai konversi sinyal optik menjadi sinyal listrik yang dapat digunakan oleh perangkat rumah tangga seperti router atau modem [2].

### D. *Fiber to the Mobile (FTTM)*

Fiber To The Mobile (FTTM) adalah konfigurasi jaringan serat optik yang secara khusus digunakan untuk layanan mobile broadband. Konfigurasi ini pada dasarnya mirip dengan FTTH, namun titik akhirnya tidak berada di rumah pelanggan, melainkan pada perangkat aktif yang terpasang di tower seluler. FTTM sangat penting dalam mendukung teknologi jaringan seluler generasi baru seperti 4G dan 5G, karena mampu menyediakan konektivitas yang stabil dan latensi rendah. Catuan daya biasanya diambil dari perangkat aktif terdekat di sekitar lokasi tower.

### E. *Optical Line Terminal (OLT)*

Optical Line Terminal (OLT) merupakan perangkat aktif yang terletak di sisi pusat jaringan (central office) dan berfungsi sebagai titik awal transmisi data dalam sistem jaringan fiber optik. Perangkat ini bertugas mengubah sinyal listrik menjadi sinyal cahaya yang kemudian dikirim melalui kabel serat optik menuju Optical Network Terminal (ONT) di sisi pelanggan. OLT juga mengelola trafik upstream dan downstream serta kontrol manajemen jaringan optik.

### F. *Optical Network Terminal (ONT)*

Optical Network Terminal (ONT) adalah perangkat aktif yang terletak di sisi pelanggan dan berfungsi sebagai titik akhir dari sistem jaringan fiber optik. ONT bertugas mengubah kembali sinyal cahaya yang diterima dari OLT menjadi sinyal listrik agar dapat digunakan oleh perangkat elektronik pelanggan, seperti router, modem, atau perangkat rumah pintar lainnya. ONT menjadi elemen penting dalam konfigurasi jaringan FTTH karena merupakan titik penghubung utama antara penyedia layanan dan pelanggan akhir [3].

### G. *Terminasi*

Terminasi atau penyambungan serat optik adalah proses penyatuan dua ujung core fiber optik menggunakan alat splicer. Terminasi biasanya dilakukan pada titik-titik fisik dalam sistem jaringan, seperti saat memperpanjang kabel atau menghubungkan kabel dengan perangkat seperti closure, OTB (Optical Terminal Box), ODC (Optical Distribution Cabinet), dan ODP (Optical Distribution Point). Proses ini membutuhkan ketelitian tinggi karena kualitas sambungan akan mempengaruhi performa sinyal [4].

### H. *Closure*

Closure merupakan salah satu tempat terminasi pada konfigurasi jaringan fiber optik, Closure pada umumnya digunakan pada titik perpanjangan kabel dan jika ada terjadi gangguan fisik dititik tertentu pada kabel yang mengakibatkan kabel cacat, sehingga diperlukan Closure sebagai tempat untuk penyambungan ulang kabel yang cacat.

### I. *Optical Terminate Box (OTB)*

Optical Terminate Box atau disingkat OTB adalah tempat terminasi pada konfigurasi jaringan fiber optic yang pada umumnya berada pada Sentral dan Tower.

### J. *Optical Distribution Cabinet (ODC)*

Optical Distribution Cabinet atau disingkat ODC adalah tempat terminasi pada konfigurasi jaringan fiber optic yang pada umumnya berada pertengahan konfigurasi jaringan, ODC berfungsi sebagai titik temu antara Kabel Feeder atau Utama dengan Kabel Distribusi. [5], [6]

### K. *Optical Distribution Point (ODP)*

Optical Distribution Point atau disingkat ODP adalah tempat terminasi pada konfigurasi jaringan fiber optic yang pada umumnya berada setelah ODC pada konfigurasi jaringan, ODP berfungsi sebagai titik pembagi sebelum ke rumah rumah pelanggan ataupun perkantoran, ODP yang menjadi titik temu antara Kabel Distribusi dengan Kabel Dropcore atau Penanggal, ODP menjadi titik akhir bagi Kabel Distribusi dan menjadi titik awal atau catuan bagi Kabel Penanggal.

### L. *Passive Splitter Fiber Optic*

Passive Splitter Fiber Optic merupakan perangkat pasif pada jaringan kabel fiber optic yang berfungsi sebagai pembagi sinyal. [7] Passive Splitter ada bermacam kapasitas dari 1:2, 1:4, 1:8, dan 1:16, Umumnya Passive Splitter terletak pada ODC, ODP, dan OTB. Pada standarisasi PT. Telkom diperangkat ODC biasanya menggunakan kapasitas 1:4, ODP menggunakan kapasitas 1:8 atau 1:16, dan passive splitter di OTB menyesuaikan batas sensitivitas pada ONT.

### M. *Adaptor atau Connector*

Adaptor atau Connector adalah perangkat pasif pada jaringan kabel fiber optik yang berfungsi sebagai penghubung 2 perangkat, perangkat yang terhubung bisa berupa pigtail dan patchcord [7].

### N. *Link Budget*

Link budget merupakan proses perhitungan total kehilangan daya (losses) dalam sebuah sistem jaringan fiber

optik, yang digunakan untuk memastikan bahwa sinyal optik yang dikirim dari perangkat pemancar (seperti OLT) masih dapat diterima oleh perangkat penerima (seperti ONT) dengan kekuatan yang memadai. Perhitungan ini sangat penting dalam tahap perencanaan dan perancangan jaringan optik karena membantu menentukan apakah sistem akan bekerja dengan baik dalam kondisi nyata dan memastikan bahwa panjang lintasan dan jumlah sambungan masih dalam batas toleransi perangkat.[8], [9]. Berikut adalah Standarisasi Event dan Maksimal Kenaikan suatu Event pada Tabel 1.

Tabel 1. Standarisasi perhitungan Link Budget PT. Telkom

Event	Standar Kenaikan (a)	Jumlah Titik (b)	Total (c)
Panjang Kabel	0,35	Panjang Kabel dalam Kilometer + 2%	a.b
Jumlah Penyambungan	0,10	Jumlah titik sambung dari catuan sampai akhir	a.b
Redaman Connector	0,25	Jumlah Connector dari catuan sampai akhir	a.b
Splitter 1:4	7,80	Jumlah Splitter yg dipakai	a.b
Splitter 1:8	11,40	Jumlah Splitter yg dipakai	a.b
Total Link Budget			total a.b dari setiap event

O. Google Earth Pro

Google Earth Pro merupakan sebuah aplikasi pemetaan digital berbasis citra satelit yang menyediakan tampilan visual bumi dalam format dua dimensi (2D) maupun tiga dimensi (3D). Aplikasi ini dikembangkan oleh Google dan digunakan secara luas dalam berbagai bidang seperti geospasial, pendidikan, konstruksi, hingga perencanaan infrastruktur jaringan telekomunikasi.

Dalam konteks perancangan jaringan kabel optik, Google Earth Pro memberikan banyak kemudahan, antara lain: Visualisasi Area Jangkauan: Perancang jaringan dapat dengan mudah meninjau topografi, akses jalan, kepadatan bangunan, serta struktur geografis wilayah yang akan dilalui oleh jaringan. Penanda Lokasi (Placemark): Fitur ini memungkinkan pengguna memberi penanda atau label pada lokasi penting seperti titik pemasangan perangkat OLT, ONT, tiang tower, handhole, dan lainnya.

Pengukuran Jarak dan Luas: Google Earth Pro dilengkapi alat ukur untuk menghitung jarak garis lurus maupun mengikuti kontur jalan, yang sangat bermanfaat dalam estimasi panjang kabel fiber optik. Impor dan Ekspor Data GIS (KML/KMZ): Data dari aplikasi dapat diekspor dalam format KML/KMZ untuk integrasi dengan perangkat lunak GIS lain atau dokumentasi teknis. View 3D dan Elevation Profil: Tampilan 3D dan profil elevasi sangat berguna untuk analisis medan, terutama untuk jaringan yang harus mempertimbangkan kemiringan lahan dan ketinggian tower.

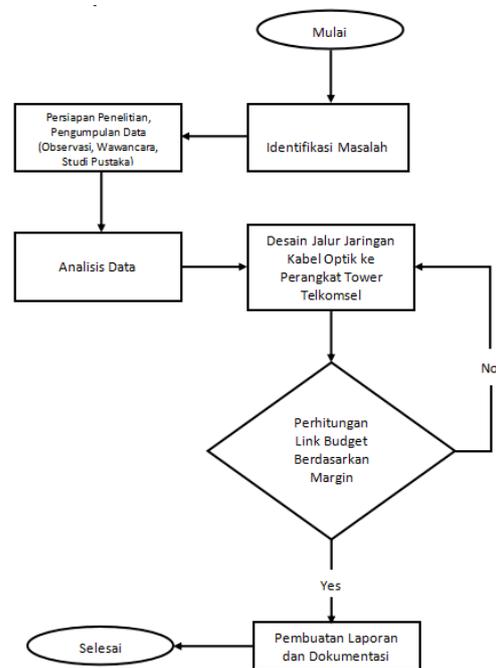
Kemampuan untuk melihat data spasial secara akurat dan real-time memungkinkan Google Earth Pro menjadi alat bantu penting dalam tahap survey desain, planning deployment, dan dokumentasi jaringan berbasis fiber optik di lapangan. Dalam pengembangan infrastruktur digital di wilayah baru seperti Ibu Kota Nusantara (IKN), penggunaan Google Earth Pro juga mempercepat proses pemetaan tanpa harus melakukan survey fisik awal yang memakan waktu dan biaya besar.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Tempat pengambilan data penelitian dilakukan di PT. Telkom Akses Regional di Jl. MT. Haryono No. 169 Kelurahan Damai Kecamatan Balikpapan Selatan.

A. Diagram Alir Penelitian

Metode pengumpulan data pada Perancangan Jaringan Kabel Fiber Optik ke Perangkat Tower Telkomsel meliputi identifikasi masalah, observasi, wawancara, dan studi pustaka. Identifikasi masalah fokus pada merancang jalur kabel fiber optik untuk 19 tower agar sesuai standar pengukuran sinyal. Observasi dilakukan dengan mengamati lokasi tower di IKN untuk pemilihan jalur kabel yang optimal. Wawancara dengan karyawan PT. Telkom mengumpulkan informasi tentang kriteria dan prosedur perancangan jalur kabel[10]. Studi pustaka digunakan untuk mengumpulkan referensi dari jurnal dan karya ilmiah terkait [11]. Analisis data mencakup teknik deskriptif statistik, analisis kualitatif, dan analisis kelayakan teknis. Pengolahan data melibatkan pengumpulan, validasi, dan analisis menggunakan perangkat lunak seperti Microsoft Excel dan Google Earth. Perhitungan link budget memastikan kelayakan desain jaringan [12]. Desain jaringan mencakup analisis kebutuhan layanan, perencanaan topologi, pemilihan komponen jaringan, desain rute kabel, dan dokumentasi teknis [9]. Tahapan ini memastikan jaringan fiber optik yang efektif dan efisien untuk mendukung layanan PT. Telkomsel di IKN.



Gambar. 1 Diagram Alir Penelitian

**B. Perhitungan Link Budget**

**1. Parameter Dasar**

Mendapatkan hasil panjang kabel dari desain pada aplikasi Google Earth, jumlah titik terminasi, jumlah connector, dan pemilihan jenis passive splitter serta jumlah passive splitter yang dipasang. Untuk ONT ini diberi standarisasi sensitivitas pada -13dBm sampai dengan -20dBm, agar layanan untuk tower PT.

**2. Total Losses**

Menghitung total kehilangan sinyal dari masing-masing event dengan rumus:

- a) *Fibre Loss Cable (L<sub>f</sub>)*: Menghitung total pelemahan sinyal berdasarkan panjang kabel dan *attenuasi*.  
 $(L_f = \alpha * L)$
- b) *Connector Losses (L<sub>c total</sub>)*: Menghitung total pelemahan sinyal berdasarkan jumlah *connector*.  
 $(L_c total = jumlah\ connector * L)$
- c) *Splice Losses (L<sub>s total</sub>)*: Menghitung total pelemahan sinyal berdasarkan jumlah penyambungan.  
 $(L_s total = jumlah\ sambungan * L_s)$
- d) *Passive Splitter Losses (P<sub>s total</sub>)*: Menghitung total kehilangan daya sinyal dari pemasangan *passive splitter*.  
 $(P_s total = Jumlah\ passive\ splitter * P_s)$
- e) *Total Link Loss (L total)*: Menghitung total kehilangan sinyal dari semua *event*.  
 $(L total = L_f + L_c total + L_s total + P_s total)$

**3. Margin Link Budget**

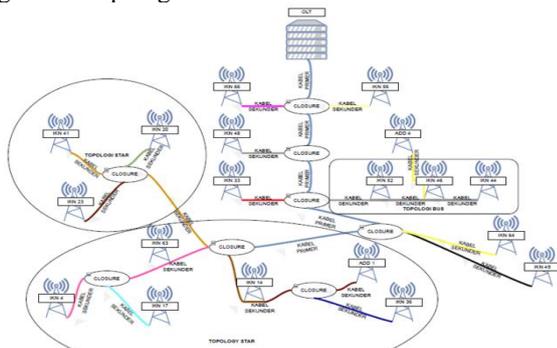
Menghitung margin atau tingkat selisih dari hasil total *link loss* dengan batas maksimal sensitivitas ONT dengan acuan *output power transmitter*. [12]

$$(M = P_t - L total - (-20dBm))$$

**IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Pemilihan Topologi**

Berdasarkan titik koordinat tower, jumlah tower, dan plan jalur MUT dari Otoritas IKN, maka untuk Topologi menggunakan Mixed Network Topology yang memakai Bus Topology dan Star Topology [13], [14]. Bus Topology digunakan Ketika ada tower yang sejajar dengan rute kabel, sedangkan Star Topology digunakan Ketika ada percabangan jalur kabel menuju tower-tower yang lain [8]. Seperti pada Gambar 2 adalah hasil dari gambaran Mixed Network Topology pada 19 Tower di IKN menggunakan Aplikasi Web Online “draw.io” sebagai aplikasi untuk membuat diagram jaringan dan topologi.



Gambar 2. Topologi Jaringan pada 19 Tower IKN

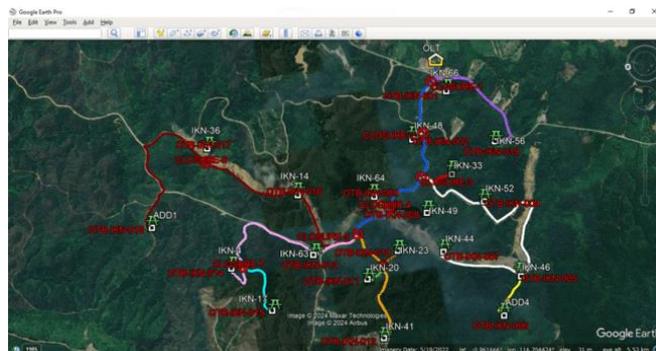
**B. Desain Jalur**

Setelah mendapatkan hasil dari pemilihan Topologi jaringan, maka selanjutnya penulis menganalisis hasil dari pemilihan Topologi tersebut guna menentukan komponen-komponen seperti apa saja yang akan dipakai [15]. Dari hasil analisis topologi jaringan, komponen-komponen yang akan digunakan untuk Desain Jalur meliputi jumlah Closure untuk percabangan, kabel, serta pembagian core pada tower-tower seperti pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2 Komponen Kebutuhan Desain Jalur

No	Site ID	Name Site	Kebutuhan Core	Core Kabel Primer (48 Core)	Core Kabel Sekunder (12 Core)	Closure	Passive Splitter 1:8
1	PNJ077	IKN 44	2	23 & 24	1 & 2	1	1
2	PNJ091	ADD 4	2	25 & 26	3 & 4		1
3	PNJ018	IKN 46	2	27 & 28	5 & 6		1
4	PNJ081	IKN 52	2	29 & 30	7 & 8		1
5	PNJ037	IKN 33	2	31 & 32	9 & 10		1
6	PNJ083	IKN 56	2	37 & 38	3 & 4	1	1
7	PNJ086	IKN 66	2	35 & 36	1 & 2		1
8	PNJ078	IKN 48	2	33 & 34	1 & 2	1	1
9	PNJ079	IKN 49	2	21 & 22	3 & 4	1	1
10	PNJ085	IKN 64	2	19 & 20	1 & 2		1
11	PNJ052	IKN 41	2	13 & 14	1 & 2	1	1
12	PNJ003	IKN 4	2	7 & 8	1 & 2		1
13	PNJ090	ADD 1	2	1 & 2	1 & 2		1
14	PNJ028	IKN 20	2	15 & 16	3 & 4	1	1
15	PNJ032	IKN 23	2	17 & 18	5 & 6		1
16	PNJ020	IKN 17	2	11 & 12	3 & 4	1	1
17	PNJ039	IKN 36	2	3 & 4	3 & 4	1	1
18	PNJ017	IKN 14	2	5 & 6	5 & 6		1
19	PNJ084	IKN 63	2	9 & 10	5 & 6		1
<b>Jumlah Total Core</b>				<b>38</b>	<b>Jumlah Total Closure dan Passive Splitter</b>	<b>8</b>	<b>19</b>

Setelah komponen kebutuhan didapatkan, maka Langkah selanjutnya adalah mendesain jalur melalui aplikasi Google Earth berdasarkan pada hasil analisis topologi dan analisis komponen seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Desain Jalur Jaringan pada 19 Tower IKN

C. Parameter Dasar

Setelah desain jalur ke 19 tower selesai, maka Langkah selanjutnya adalah menganalisis seperti Panjang kabel dari OLT sampai dengan tower, jumlah Closure serta jumlah titik terminasi atau sambung, dan jumlah Connector pada masing-masing jalur tower dari OLT. Langkah selanjutnya adalah memastikan Power Transmitter pada OLT dan memasukkan Maksimal Sensitivitas pada ONT yaitu di -20dBm seperti pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3 Parameter 19 Tower

No	Name Site	Panjang Total Kabel (km)	Total Penyambungan	Total Connector	Passive Splitter 1:8	Power Transmitter (Pt)	Maksimal Sensitivitas ONT(dBm)
1	IKN 44	4,14	3	2	1	-1	-20
2	ADD 4	3,84	3	2	1	-1	-20
3	IKN 46	3,34	3	2	1	-1	-20
4	IKN 52	1,93	3	2	1	-1	-20
5	IKN 33	1,52	3	2	1	-1	-20
6	IKN 56	1,44	3	2	1	-1	-20
7	IKN 66	0,37	3	2	1	-1	-20
8	IKN 48	0,82	3	2	1	-1	-20
9	IKN 49	2,06	3	2	1	-1	-20
10	IKN 64	1,81	3	2	1	-1	-20
11	IKN 41	3,30	3	2	1	-1	-20
2	IKN 4	4,10	3	2	1	-1	-20
13	ADD 1	5,72	3	2	1	-1	-20
14	IKN 20	2,71	4	2	1	-1	-20
15	IKN 23	2,68	4	2	1	-1	-20
16	IKN 17	4,44	4	2	1	-1	-20
17	IKN 36	3,17	4	2	1	-1	-20
18	IKN 14	3,04	3	2	1	-1	-20
19	IKN 63	2,57	3	2	1	-1	-20

D. Total Losses

Setelah mendapatkan hasil dari parameter dasar dari hasil desain jalur kabel, maka untuk perhitungan Total Losses dari beberapa event.

a) Fibre Loss Cable

Perhitungan hilangnya daya sinyal dikarenakan adanya perambatan cahaya, Semakin panjang kabel maka semakin besar pula daya sinyal yang hilang [12], [16]. Adapun penambahan jarak safety pada penarikan yang dimaksudkan jika terjadi ketidaksesuai antara jarak pada desain aplikasi Google Earth dan Lapangan, dapat dilihat pada Tabel 4 adalah perhitungan kehilangan daya pada kabel optik.

Tabel 4 Perhitungan kehilangan daya pada kabel optik

No	Name Site	Fibre Loss			
		Panjang Kabel (km)	Maksimal Loss	Penambahan Panjang Safety	Total Loss Kabel (dB)
1	IKN 44	4,14	0,35	2%	1,47
2	ADD 4	3,84	0,35	2%	1,36
3	IKN 46	3,34	0,35	2%	1,19
4	IKN 52	1,93	0,35	2%	0,70
5	IKN 33	1,52	0,35	2%	0,55

No	Name Site	Fibre Loss			
		Panjang Kabel (km)	Maksimal Loss	Penambahan Panjang Safety	Total Loss Kabel (dB)
6	IKN 56	1,44	0,35	2%	0,52
7	IKN 66	0,37	0,35	2%	0,15
8	IKN 48	0,82	0,35	2%	0,31
9	IKN 49	2,06	0,35	2%	0,74
10	IKN 64	1,81	0,35	2%	0,65
11	IKN 41	3,30	0,35	2%	1,18
12	IKN 4	4,10	0,35	2%	1,46
13	ADD 1	5,72	0,35	2%	2,02
14	IKN 20	2,71	0,35	2%	0,97
15	IKN 23	2,68	0,35	2%	0,96
16	IKN 17	4,44	0,35	2%	1,57
17	IKN 36	3,17	0,35	2%	1,13
18	IKN 14	3,04	0,35	2%	1,08
19	IKN 63	2,57	0,35	2%	0,92

b) Connector Losses

Perhitungan hilangnya daya sinyal dikarenakan adanya perangkat Connector, perangkat Connector biasanya berada dilokasi catuan dan di tower, tetapi memungkinkan bila lebih dari dua pemakaian Connector pada setiap jalur, semakin banyak connector maka semakin tinggi pula total loss pada Connector, dapat dilihat pada Tabel 5 adalah perhitungan kehilangan daya pada Connector.

Tabel 5 Perhitungan kehilangan daya pada Connector

No	Name Site	Connector Loss		
		Jumlah Connector	Maksimal Loss	Total Loss Connector
1	IKN 44	4	0,25	1,00
2	ADD 4	2	0,25	0,50
3	IKN 46	2	0,25	0,50
4	IKN 52	2	0,25	0,50
5	IKN 33	2	0,25	0,50
6	IKN 56	2	0,25	0,50
7	IKN 66	2	0,25	0,50
8	IKN 48	2	0,25	0,50
9	IKN 49	2	0,25	0,50
10	IKN 64	2	0,25	0,50
11	IKN 41	2	0,25	0,50
12	IKN 4	2	0,25	0,50
13	ADD 1	2	0,25	0,50
14	IKN 20	2	0,25	0,50
15	IKN 23	2	0,25	0,50
16	IKN 17	2	0,25	0,50
17	IKN 36	2	0,25	0,50
18	IKN 14	2	0,25	0,50
19	IKN 63	2	0,25	0,50

c) *Splice Losses*

Perhitungan hilangnya daya sinyal dikarenakan adanya penyambungan pada core kabel optik, Umumnya penyambungan terjadi pada perangkat otb dan closure. Penyambungan dapat menaikkan angka total loss pada penyambungan, semakin banyak titik sambung maka semakin tinggi pula total loss yang didapat. Perhitungan dapat dilihat pada Tabel 6 adalah perhitungan kehilangan daya pada Connector.

Tabel 6 Perhitungan kehilangan daya pada penyambungan

No	Name Site	Splice Loss		
		Jumlah Titik Penyambungan	Maksimal Loss	Total Loss Penyambungan
1	IKN 44	4	0,10	0,40
2	ADD 4	3	0,10	0,30
3	IKN 46	3	0,10	0,30
4	IKN 52	3	0,10	0,30
5	IKN 33	3	0,10	0,30
6	IKN 56	3	0,10	0,30
7	IKN 66	3	0,10	0,30
8	IKN 48	3	0,10	0,30
9	IKN 49	3	0,10	0,30
10	IKN 64	3	0,10	0,30
11	IKN 41	3	0,10	0,30
12	IKN 4	3	0,10	0,30
13	ADD 1	3	0,10	0,30
14	IKN 20	4	0,10	0,40
15	IKN 23	4	0,10	0,40
16	IKN 17	4	0,10	0,40
17	IKN 36	4	0,10	0,40
18	IKN 14	3	0,10	0,30
19	IKN 63	3	0,10	0,30

d) *Passive Splitter*

Perhitungan hilangnya daya sinyal dikarenakan adanya pemasangan passive splitter, passive splitter pada umunya dipasang pada perangkat otb di tower, pada dasarnya passive splitter hanya dipasang maksimal dua unit yaitu 1:4 dan 1:8, tetapi yang dibutuhkan pada penelitian kali ini menggunakan passive splitter 1:8. Perhitungan passive splitter, dapat dilihat pada Tabel 7 adalah perhitungan kehilangan daya pada pemasangan passive splitter.

Tabel 7 Perhitungan kehilangan daya pada passive splitter

No	Name Site	Passive Splitter 1:8 Loss		
		Jumlah Splitter 1:8	Maksimal Loss	Total Loss Splitter 1:8
1	IKN 44	1	7,80	7,80
2	ADD 4	1	7,80	7,80
3	IKN 46	1	7,80	7,80
4	IKN 52	1	7,80	7,80
5	IKN 33	1	7,80	7,80
6	IKN 56	1	7,80	7,80
7	IKN 66	1	7,80	7,80
8	IKN 48	1	7,80	7,80

No	Name Site	Passive Splitter 1:8 Loss		
		Jumlah Splitter 1:8	Maksimal Loss	Total Loss Splitter 1:8
9	IKN 49	1	7,80	7,80
10	IKN 64	1	7,80	7,80
11	IKN 41	1	7,80	7,80
12	IKN 4	1	7,80	7,80
13	ADD 1	1	7,80	7,80
14	IKN 20	1	7,80	7,80
15	IKN 23	1	7,80	7,80
16	IKN 17	1	7,80	7,80
17	IKN 36	1	7,80	7,80
18	IKN 14	1	7,80	7,80
19	IKN 63	1	7,80	7,80

e) *Total Link Loss*

Perhitungan hilangnya total daya sinyal dikarenakan adanya beberapa event, dari beberapa event yang sudah dihitung sebelumnya yang meliputi panjang kabel, jumlah pemasangan connector, jumlah penyambungan kabel, dan jumlah pemasangan passive splitter yang selanjutnya akan dihitung pada perhitungan Total Link Loss. Perhitungan hilangnya total daya sinyal dikarenakan adanya beberapa event, dapat dilihat pada Tabel 8 adalah perhitungan kehilangan daya pada jalur ke tower-tower.

Tabel 8 Perhitungan Total Losses Link Budget pada 19 Tower

No	Site ID	Fibre Loss	Splice Loss	Connector Loss	Passive Splitter 1:8 Loss	Total Link Loss
		Total Loss Kabel (dB)	Total Loss Penyambungan	Total Loss Connector	Total Loss Splitter 1:8	
1	IKN 44	1,45	0,40	1,00	7,80	10,65
2	ADD 4	1,34	0,30	0,50	7,80	9,94
3	IKN 46	1,17	0,30	0,50	7,80	9,77
4	IKN 52	0,68	0,30	0,50	7,80	9,28
5	IKN 33	0,53	0,30	0,50	7,80	9,13
6	IKN 56	0,50	0,30	0,50	7,80	9,10
7	IKN 66	0,13	0,30	0,50	7,80	8,73
8	IKN 48	0,29	0,30	0,50	7,80	8,89
9	IKN 49	0,72	0,30	0,50	7,80	9,32
10	IKN 64	0,63	0,30	0,50	7,80	9,23
11	IKN 41	1,16	0,30	0,50	7,80	9,76
12	IKN 4	1,44	0,30	0,50	7,80	10,04
13	ADD 1	2,00	0,30	0,50	7,80	10,60
14	IKN 20	0,95	0,40	0,50	7,80	9,65
15	IKN 23	0,94	0,40	0,50	7,80	9,64
16	IKN 17	1,55	0,40	0,50	7,80	10,25
17	IKN 36	1,11	0,40	0,50	7,80	9,81
18	IKN 14	1,06	0,30	0,50	7,80	9,66
19	IKN 63	0,90	0,30	0,50	7,80	9,50

E. Margin Link Budget

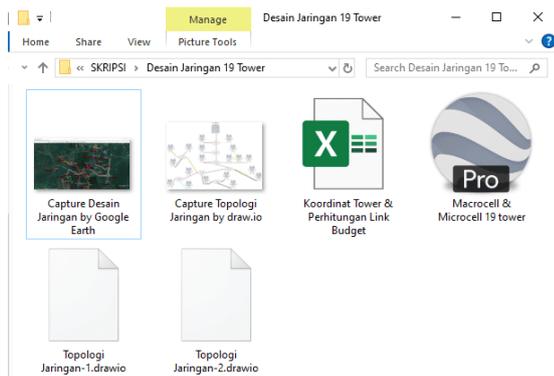
Setelah mendapatkan hasil perhitungan dari Total Link Budget, maka selanjutnya menghitung Margin Link Budget [9], [12] guna mengetahui jika hasil perhitungan negatif, maka diharuskan untuk merubah desain jaringan, dan jika hasilnya positif, maka desain jaringan yang sudah dibuat layak untuk di implementasikan pekerjaan lapangan. Dapat dilihat pada Tabel 9 Perhitungan Margin Link Budget seperti berikut.

Tabel 9 Perhitungan Margin Link Budget

No	Site ID	Total Link Loss (dB)	Output Transceiver (dB)	Maksimal Sensitivitas ONT (dB)	Margin Link Budget (dB)
1	IKN 44	10,65	-1	-20	8,35
2	ADD 4	9,94	-1	-20	9,06
3	IKN 46	9,77	-1	-20	9,23
4	IKN 52	9,28	-1	-20	9,72
5	IKN 33	9,13	-1	-20	9,87
6	IKN 56	9,10	-1	-20	9,90
7	IKN 66	8,73	-1	-20	10,27
8	IKN 48	8,89	-1	-20	10,11
9	IKN 49	9,32	-1	-20	9,68
10	IKN 64	9,23	-1	-20	9,77
11	IKN 41	9,76	-1	-20	9,25
12	IKN 4	10,04	-1	-20	8,97
13	ADD 1	10,60	-1	-20	8,40
14	IKN 20	9,65	-1	-20	9,35
15	IKN 23	9,64	-1	-20	9,36
16	IKN 17	10,25	-1	-20	8,75
17	IKN 36	9,81	-1	-20	9,19
18	IKN 14	9,66	-1	-20	9,34
19	IKN 63	9,50	-1	-20	9,50

F. Dokumentasi Desain Teknis

Setelah mendapatkan hasil penelitian, maka hasil penelitian tersebut akan di Dokumentasi yang nantinya sebagai acuan pekerjaan dilapangan yang meliputi Capture gambar dengan format 'jpeg' atau 'png', dan file softcopy dari Desain Topologi, Desain Rute Kabel, dan Perhitungan Link Budget seperti pada perencanaan jaringan fiber optic seperti gambar 4 berikut.



Gambar 4. Hasil Pengumpulan Data

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan dan uraian-uraian dari bab sebelumnya, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan pada hasil analisis kebutuhan layanan yang diminta PT. Telkomsel kepada PT. Telkom dan kebutuhan komponen desain jaringan, didapatkan hasil identifikasi kebutuhan penarikan kabel fiber optik untuk melayani 19 tower dengan catuan pada perangkat OLT terdekat. Pada kebutuhan komponen diperlukan media kabel optik jenis kabel tanah dengan kapasitas 12 core dan 48 core, perangkat Closure, passive splitter, dan OTB, serta perangkat lunak seperti Google Chrome untuk membuka aplikasi Web Online "draw.io" dan aplikasi Google Earth untuk desain jaringan.
2. Desain Jaringan menggunakan aplikasi Web Online "draw.io" untuk merancang Topologi Jaringan dan aplikasi Google Earth untuk merancang Rute Jalur. Hasil perhitungan Link Budget berdasarkan Desain Jaringan yang mengacu pada perhitungan akhir Margin Link budget, semakin kecil nilai pada Margin Link budget atau mendekati negatif, maka keberhasilan pada penerapan desain jaringan juga semakin menurun. Pada hasil perhitungan Margin Link budget penelitian ini adalah bernilai positif dengan batas maksimal sensitivitas pada perangkat ONT sebesar -20dBm. Dengan hasil yang bernilai positif, diputuskan bahwa Perancangan Desain Jaringan pada 19 Tower PT. Telkomsel dapat dikerjakan dilapangan.

REFERENSI

- [1] Y. N. Silalahi, *Penggunaan Kabel Fiber Optik*. osf.io, 2023. [Online]. Available: <https://osf.io/preprints/q5ktx/>
- [2] D. I. P. Putz, "Fiber To The Home." [Online]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/16427292.pdf>
- [3] W. E. Wall and W. C. Versteeg, "Single wire return device in a fiber to the home system," *US Pat. 7,596,801*, 2009, [Online]. Available: <https://patents.google.com/patent/US7596801B2/en>
- [4] R. M. Yassin, *Desain Sistem Kabel Serat Optik Fiber To The Home (FTTH) menggunakan teknologi GPON untuk memenuhi kebutuhan perumahan Bumi Panyileukan 4.512 ...* digilib.uinsgd.ac.id, 2016. [Online]. Available: <https://digilib.uinsgd.ac.id/27282/>
- [5] C. H. Lee, W. V. Sorin, and B. Y. Kim, "Fiber to the home using a PON infrastructure," *J. Light. Technol.*, 2006, [Online]. Available: <https://opg.optica.org/abstract.cfm?uri=jlt-24-12-4568>
- [6] M. A. K. Adhi, E. A. Rafdi, E. Halimsurya, and ..., "Design of fiber to the home (FTTH) for urban housing of Griya Mukti residence," ... *Electr.* ..., 2021, [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9587339/>
- [7] H. Takai and O. Yamauchi, "Optical fiber cable and wiring techniques for fiber to the home (FTTH)," *Opt. Fiber Technol.*, 2009, [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1068520009000376>
- [8] R. SUBAKTI, *ANALISIS LINK BUDGET JARINGAN BACKBONE KABEL SERAT OPTIK SEGMENT PUSPITEK-JOMBANG RAWA (STUDI KASUS PT. ULTRA MANDIRI ...* repository.mercubuana.ac.id, 2021. [Online]. Available: <https://repository.mercubuana.ac.id/78395/>
- [9] N. Ikhwan, H. Rubiani, and ..., "Fiber to the home (FTTH) network design using gigabit Passive Optical network (GPON) technology using link power budget and rise time budget analysis in cibeber ..." *Int. J.* ..., 2023, [Online]. Available: <https://journal.rescollacomm.com/index.php/ijqrm/article/view/400>

- [10] B. K. M. Karel, A. Hambali, and M. H. Jauhari, "Perancangan penggunaan penguat optik pada jaringan sistem komunikasi kabel laut (skkl) di jalur sistem indonesia global gateway (igg)," 2018, *core.ac.uk*. [Online]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/299921223.pdf>
- [11] A. Syahrin, "Perancangan Jaringan Fiber To The Home (FTTH) Pada Wilayah Kelurahan Mustikasari RT/RW 004/04 Menggunakan Google Earth Pro," *Sainteks J. Sain dan Tek.*, 2023, [Online]. Available: <https://journals.penerbitjurnal.com/index.php/teknik/article/view/12>
- [12] N. B. Chuan, A. Premadi, and ..., "Optical power budget and cost estimation for Intelligent Fiber-To-the-Home (i-FTTH)," ... *Photonics* 2010, 2010, [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5604407/>
- [13] J. L. McNaughton, "Fiber to the home: an analysis of three alternatives in the United Telephone System," *Fiber Opt. Datacom Comput.* ..., 1988, doi: 10.1117/12.960013.short.
- [14] R. W. Pollock and P. E. Goessing, "Cost comparison of fiber to the home topologies," *Fiber Netw.* ..., 1990, doi: 10.1117/12.963423.short.
- [15] C. Lin, C. hua Kuei, and K. W. Chai, "Identifying critical enablers and pathways to high performance supply chain quality management," *Int. J. Oper. Prod. Manag.*, vol. 33, no. 3, pp. 347–370, 2013, doi: 10.1108/01443571311300818.
- [16] K. Himeno, S. Matsuo, N. Guan, and A. Wada, "Low-bending-loss single-mode fibers for fiber-to-the-home," *J. Light.* ..., 2005, [Online]. Available: <https://opg.optica.org/abstract.cfm?uri=JLT-23-11-3494>