

PERBAIKAN PERFORMANSI JARINGAN TELEKOMUNIKASI *FIBER TO THE HOME* (FTTH) MENGGUNAKAN METODE *POWER LINK BUDGET* DARI POP TAMANSARI PURIBALI KE *CLUSTER* PERUMAHAN

Efira Nur Reysa¹⁾, Tjut Awaliyah Zuraiyah²⁾, Agustini Rodiah Machdi³⁾.

^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pakuan,
Jl. Pakuan, RT.02/RW.06, Tegallega, Kecamatan Bogor Tengah, Kota Bogor, Jawa Barat 16129.

e-Mail: efiranur14reysa@gmail.com

ABSTRAK

PT. Indonesia Comnets Plus (ICON+) menerapkan teknologi FTTH, pada umumnya performansi jaringan tidak selalu memiliki kualitas yang baik. Permasalahan yang sering dihadapi di ICON+ adalah adanya keluhan pelanggan perihal performansi jaringan yang tidak berjalan baik. Seperti jaringan yang lambat, sinyal *buffering* bahkan hilang. Penelitian ini menggunakan *software* pendukung yaitu *software wireshark* dengan menggunakan perhitungan paramater *Quality of Service* (QoS) dan perhitungan *link power budget*. Pengukuran diperoleh nilai rata-rata *throughput* sebesar 874,6 kbps dengan kategori TIPHON “bagus”, rata-rata nilai *packet loss* sebesar 0,627 ms dengan kategori TIPHON “sangat bagus”, nilai *delay* sebesar 23,356 ms dengan kategori TIPHON “sangat bagus, dan nilai *jitter* sebesar 0,2674 dengan kategori TIPHON “bagus”. Nilai redaman (α_{tot}) sebesar 29,1278 dB pada *uplink* dan sebesar 27,79668 dB pada *downlink*, dengan nilai *Prx* sebesar -31,1278 dBm pada *uplink* dan sebesar -29,79668 dBm pada *downlink*, dengan nilai (*M*) sebesar 8,8722 dBm pada *uplink* dan 10,20332 dBm pada *downlink*. Penelitian tersebut dapat dinyatakan bahwa nilai redaman tidak layak dikarenakan melebihi dari standarisasi ITU-T G.984 dengan redaman total maksimal 28 ($Prx > -28$). Maka dari itu dilakukannya perbaikan dengan pergantian konektor jenis SC UPC ke SC APC dengan nilai redaman 0,25 dB/konektor maka diperoleh nilai redaman (α_{tot}) sebesar 25,6278 dB pada *uplink* dan 24,29668 dB pada *downlink*. nilai *Prx* sebesar -27,6278 pada *uplink* dan sebesar -26,29668 pada *downlink*, nilai margin daya (*M*) sebesar 12,3722 dBm pada *uplink* dan 13,70332 dBm pada *downlink*. Dari hasil tersebut menunjukkan nilai redaman total menjadi layak dan memenuhi standarisasi dari ITU-T G984 dengan redaman total maksimal 28 ($Prx > -28$). Untuk nilai performansi jaringannya diperoleh nilai rata-rata *throughput* 1978 kbps dengan kategori TIPHON “sangat bagus”. Nilai rata-rata *packet loss* 0,84% dengan kategori TIPHON “sangat bagus” nilai rata-rata *delay* 3,798 ms dengan kategori TIPHON “sangat bagus”. Dan nilai *jitter* 0,179 ms dengan kategori TIPHON “sangat bagus”.

Kata Kunci: FTTH, TIPHON, *Quality of Service* (QoS), *Link Power Budget*

I. PENDAHULUAN

Implementasi jaringan akses *fiber optic* sangat cocok digunakan untuk komunikasi *backbone* dengan jarak yang jauh. Tidak hanya itu jaringan akses *fiber optic* kini juga dapat digunakan langsung sampai ke sisi akses dengan infrastruktur yang dibangun dari sentral sampai ke *end-user* yang disebut dengan jaringan *Fiber to the Home* (FTTH). Jaringan *Fiber to the Home* (FTTH) merupakan suatu jaringan akses yang menggunakan kabel *fiber optic* sebagai media transmisi untuk disalurkan

langsung menuju ke perumahan pelanggan. Dengan menggunakan arsitektur jaringan *Local Access Fiber* (Jarlokaf) yang dapat memungkinkan penarikan kabel *fiber optic* dekat dengan perumahan pelanggan dari sentral [2]. Dimana teknologi yang sering digunakan sebagai standar perangkat yang digunakan adalah teknologi *Gigabit Passive Optical Network* (GPON) dengan menggunakan standar ITU-T G.984 [3].

Sebagai salah satu perusahaan penyedia jasa telekomunikasi PT Indonesia Comnets Plus (ICON+) sudah menerapkan teknologi jaringan

FTTH, namun seperti yang diketahui pada umumnya performansi jaringan tidak selalu memiliki kualitas yang baik. Pada permasalahan yang sering dihadapi di ICON+ adalah adanya keluhan pelanggan perihal performansi jaringan yang tidak berjalan dengan baik. Seperti jaringan yang berjalan dengan lambat, sinyal putus tiba-tiba bahkan hilang. Penelitian ini akan menganalisis dan memperbaiki performansi jaringan FTTH yang sudah terimplementasi di ICON+ menggunakan *software* pendukung yaitu *software wireshark* guna memastikan bahwa performansi jaringan FTTH tersebut memiliki kualitas jaringan yang layak serta memenuhi kebutuhan pelanggan dengan menggunakan perhitungan parameter *Quality of Service* (QoS) dan perhitungan *link power budget*.

II. LANDASAN TEORI

2.1. Fiber to the Home (FTTH)

Fiber to the Home (FTTH) adalah suatu jaringan akses yang menggunakan kabel *fiber optic* sebagai media transmisi untuk disalurkan langsung menuju ke perumahan pelanggan (*user*). Dalam arsitektur FTTH, sinyal *optic* yang mempunyai panjang gelombang 1550 nm digunakan *downstream* sedangkan untuk panjang gelombang 1310 nm digunakan untuk *upstream*. Dalam jaringan FTTH ini menggunakan *multiplexing* jenis TDM (*Time Division Multiplexing*) dan WDM (*Wavelength Division Multiplexing*). Pada TDM informasi dari banyak sumber dikirimkan berurutan ke satu tujuan, sedangkan pada WDM, sinyal tidak dikirimkan satu persatu melainkan tiap sumber memiliki panjang gelombang yang berbeda, sehingga dapat dikirimkan bersamaan dalam satu fiber [5]. Berikut merupakan perangkat-perangkat yang digunakan pada jaringan FTTH:

- *Optical Line Termination* (OLT)
- *Fiber Distribution Terminal* (FDT)
- *Joint box*
- *Fiber Access Terminal* (FAT)
- Kabel
- Konektor
- *Optical Network Terminal* (ONT)

2.2. Quality of Service (QoS)

Quality of Service (QoS) adalah suatu metode pengukuran tentang seberapa baik suatu jaringan yang berjalan dan merupakan suatu

usaha untuk mendefinisikan karakteristik dan sifat dari layanan-layanan tertentu. QoS biasanya digunakan untuk mengukur sekumpulan atribut performansi yang telah dispesifikasikan dan biasanya diasosiasikan dengan suatu layanan. QoS didesain untuk membantu *end user* mendapatkan performansi yang andal dari aplikasi-aplikasi berbasis jaringan [6].

Tujuan QoS adalah untuk memuaskan kebutuhan-kebutuhan layanan yang berbeda yang menggunakan layanan infrastruktur yang sama [6]. QoS memiliki parameter-parameter perhitungan yang diantaranya sebagai berikut:

2.2.1. Throughput

Throughput adalah kapasitas sebenarnya dari sebuah jaringan untuk mengirim data. *Throughput* berkaitan dengan *bandwith*. Namun perbedaan sederhananya adalah *bandwith* lebih tetap dan *troughput* nilainya dinamis tapi tetap bergantung pada *traffic* jaringan [7]. Dapat dilihat pada tabel 1 bawah ini merupakan kategori dari nilai *throughput*:

Tabel 1. Kategori *Throughput*

Kategori	<i>Throughput</i>	Indeks
Lebih bagus	>21000 kbps	4
Sangat Bagus	1200 – 21000 kbps	3
Bagus	700 – 1200 kbps	2
Cukup Bagus	338 – 700 kbps	1
Buruk	0 – 338 kbps	0

2.2.2. Packet Loss

Packet Loss merupakan persentase paket yang hilang selama mentransmisikan data. Hal ini disebabkan oleh banyak faktor seperti penurunan sinyal dalam media jaringan, kesalahan perangkat keras jaringan, atau radiasi lingkungan sekitar. Pada beberapa *network transfer protocol* seperti TCP yang bersifat *connection oriented*, menyediakan pengiriman kembali (*retransmission*) atau pengiriman secara otomatis (*resends*) paket yang hilang selama proses transmisi walau segmen telah diketahui. Walaupun TCP melakukan *retransmitting* atau *resends*, *throughput* jaringan semakin menurun. Berbeda halnya dengan protokol UDP yang bersifat *connection-less*, tidak menyediakan *retransmission* maupun *resends* jika terjadi kehilangan paket [7]. Dapat dilihat pada tabel 2 di bawah ini merupakan kategori dari *packet loss* :

Tabel 2. Kategori *Packet Loss*

Kategori Degradasi	Packet Loss	Indeks
Sangat Bagus	0% - 2%	4
Bagus	3% - 14%	3
Sedang	15% - 24%	2
Buruk	>25%	1

2.2.3. Delay

Delay merupakan waktu tunggu atau bisa diartikan sebagai penundaan waktu dari paket-paket yang dihasilkan oleh transmisi dari sebuah node ke node lain. *Delay* disebabkan oleh waktu yang dibutuhkan untuk sebuah proses pembuatan paket *Internet Protocol* (IP) [7]. Dapat dilihat pada tabel 3 dibawah ini menunjukkan kategori *delay*:

Tabel 3. Kategori *Delay*:

Kategori Degradasi	Besar Delay	Indeks
Sangat Bagus	<150 ms	4
Bagus	150 - 300 ms	3
Sedang	300 - 450 ms	2
Buruk	>450 ms	1

2.2.4. Jitter

Jitter merupakan jenis dari *delay* antar paket data yang terjadi pada saat transmisi pada sebuah jaringan IP. Jumlah nilai *Jitter* disebabkan oleh perubahan beban *traffic* dan jumlah benturan antar paket data di jaringan IP. Semakin besar beban *traffic*, maka semakin besar pula memungkinkan terjadi kemacetan, dan semakin besar nilai *jitter*. Semakin besar nilai *jitter*, maka semakin kecil nilai QoS. *Jitter* dapat mengakibatkan pengambilan sampel penerima menyimpang dari target, berakibat korupsi informasi [7]. Dapat dilihat pada tabel 4 dibawah ini menunjukkan kategori *jitter*:

Tabel 4. Kategori *Jitter*

Kategori Degradasi	Jitter	Indeks
Sangat Bagus	0 ms	4
Bagus	0 ms - 75 ms	3
Sedang	75 - 125 ms	2
Buruk	>225 ms	1

2.3. Link Power Budget

Link power budget merupakan suatu perhitungan untuk memastikan suatu daya yang cukup sampai ke penerima yang bertujuan untuk mempertahankan kinerja yang handal selama penggunaan sistem atau dengan arti lain hasil redaman optik yang diizinkan sepanjang

sumber optik sampai ke titik penerima. Perhitungan total, daya terima, serta margin daya. Perhitungan *link power budget* ini didapatkan berdasarkan standarisasi ITU-T G.984 dan juga sesuai dengan peraturan yang ditetapkan bahwa jarak tidak melebihi dari 20 km dan redaman tidak lebih dari 28 dB ($P_{rx} > 28$) [8].

III. METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Penelitian tugas akhir ini dilakukan di rumah salah satu pelanggan PT. Indonesia Comnets Plus (ICON+) dengan waktudengan menggunakan kapasitas jaringan ICONNET 10 Mbps. Yang beralamatkan di Kecamatan Sawangan, Kota Depok. Pengukuran dan penelitian pada tugas akhir ini dilakukan selama bulan Juli 2023 dalam jangka waktu 5 hari yaitu hari Senin sampai Jumat.

3.2. Diagram Alir

Dalam penyusunan tugas akhir ini terdapat diagram alir penelitian yang bertujuan untuk mempermudah proses pengerjaan dengan menggambarkan rangkaian tahapan-tahapan yang dilakukan dan untuk mengetahui langkah-langkah serta mempermudah dalam proses penelitian. Secara sistematis, diagram alir penelitian tugas akhir ini dapat dilihat pada gambar 3.1 sebagai berikut:



Gambar. 1. Diagram Alir Penelitian

3.3. Data Throughput

Untuk mendapatkan hasil nilai *throughput* menggunakan *software wireshark* dapat dilihat pada detail statistik perekaman jaringan yang dapat dilakukan dengan cara mengklik perintah *statistic*, kemudian pilih perintah "*Capture file*

properties” atau dapat dilakukan dengan cara melakukan perintah Ctrl+Alt+Shift+C. dapat dilihat pada gambar 3.2 di bawah ini merupakan detail statistik dari perekaman lalu lintas jaringan pada lokasi penelitian:



Gambar. 2. Detail Statistik dari Perekaman Lalu Lintas Jaringan pada Lokasi Penelitian

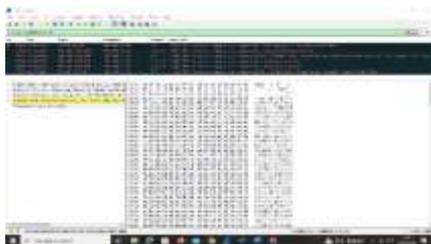
Berdasarkan gambar di atas maka diperoleh nilai-nilai yang dapat di lihat pada tabel 5 di bawah ini yang menampilkan nilai jumlah dari “bytes” dan nilai “time span” yang muncul dan dapat digunakan untuk perhitungan nilai *throughput*:

Tabel 5. Data Nilai *Throughput*

No.	Hari	Jumlah bytes	Time span
1	Hari I	4562469	41,525
2	Hari II	6163161	39,213
3	Hari III	5495557	24,612
4	Hari IV	1069101	31,622
5	Hari V	2055392	90.663

3.4.Data Packet Loss

Untuk mendapatkan hasil nilai persentase dari *packet loss* menggunakan *software wireshark* guna mengetahui jumlah paket yang tidak terkirim pada perekaman dapat dilakukan dengan cara mengetik perintah “*tcp.analysis.lost_segment*”. Dapat dilihat berapa banyak paket data yang tidak terkirim pada saat pengukuran hari I adalah sebagai berikut:



Gambar. 3. Hasil Jumlah Paket yang Tidak Terkirim Saat Pengukuran

Setelah dapat dilihat berapa banyak paket data yang tidak terkirim pada saat pengukuran seperti pada gambar 3 di atas yang kemudian

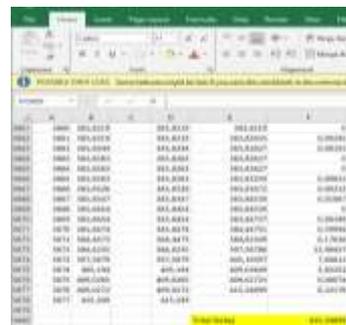
dapat diperoleh nilai keterangan paket yang terkirim dan paket yang diterima dengan melihat detail statistik dengan cara dan tampilan yang sama seperti pada gambar 3. Berikut pada tabel 6 di bawah ini menampilkan data nilai dari paket yang dikirim dan paket yang diterima yang muncul pada *software wireshark* untuk perhitungan nilai *packet loss*:

Tabel 6. Data Nilai *Packet Loss*

No.	Hari	Paket yang dikirim	Paket yang diterima
1	Hari I	5877	5871
2	Hari II	6557	6556
3	Hari III	7123	7106
4	Hari IV	2186	2132
5	Hari V	3436	3426

3.5.Data Delay

Untuk mendapatkan nilai *delay* dapat digunakan hasil nilai *packet loss* yang kemudian dioperasikan menggunakan *software Microsoft Excel* yang akan memunculkan nilai total *delay* setelah dilakukan pengukuran seperti pada gambar 4 di bawah ini:



Gambar. 4. Tabel pada *Microsoft Excel* untuk Menghitung Total Delay

Berdasarkan gambar 4 di atas yang menampilkan nilai-nilai hasil rekaman pada *software wireshark* yang sudah dioperasikan menggunakan *Microsoft Excel*. Maka dapat dikategorikan seperti pada tabel 7 di bawah ini:

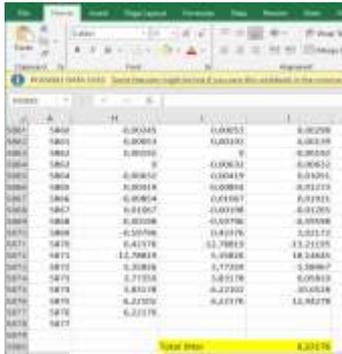
Tabel 7. Data Nilai *Delay*

No.	Hari	Total Paket yang diterima	Total Delay
1	Hari I	5877	415,249
2	Hari II	6557	39,213239
3	Hari III	7123	24,612039
4	Hari IV	2186	31,621584
5	Hari V	3436	90,663161

3.6.Jitter

Untuk mendapatkan nilai *jitter* setelah dilakukan pengukuran dapat dilakukan sama seperti mencari nilai *delay* yang mana dapat

diperoleh menggunakan perangkat *Microsoft Excel* yang dapat dilihat pada gambar 5 di bawah ini :



Gambar. 5. Tabel Excel untuk Menghitung Total Jitter

Berdasarkan gambar 5 di atas yang menampilkan nilai-nilai hasil rekaman pada *software wireshark* yang sudah dioperasikan menggunakan *Microsoft Excel*. Maka dapat dikategorikan seperti pada tabel 8 di bawah ini:

Tabel 8. Data Nilai Jitter

No.	Hari	Total Paket yang diterima	Total Jitter
1	Hari I	5877	6,22176
2	Hari II	6557	-0,701478
3	Hari III	7123	0,291012
4	Hari IV	2186	0,066883
5	Hari V	3436	-0,354537

3.7.Data Perhitungan Link Power Budget

Perhitungan *link power budget* akan dilakukan dari *central* menuju perumahan pelanggan. Dengan Panjang gelombang untuk *uplink* adalah 1310 nm dan untuk *downlink* adalah 1550 nm. Dengan data yang diperoleh dan dapat dilihat pada tabel 9 di bawah ini:

Tabel 9. Perhitungan Link Power Budget

No.	Data	Besarannya
1.	Redaman Kabel (1310/1550)	(0,35/0,21) dB/km
2.	Sensitivitas daya maksimum	-28 dB
3.	Jumlah Sambungan	11 sambungan
4.	Jumlah Konektor	7 buah
5.	Redaman Konektor	0,75 dB/konektor
6.	Redaman <i>Splitter</i>	20 dB
7.	Redaman Kabel Feeder	0,05 dB/ <i>splice</i>
8.	Redaman Kabel Distribusi	0,05 dB/ <i>splice</i>
9.	Redaman Kabel drop wire	0,05 dB/ <i>splice</i>
6.	Safety Margin	6 dB
7.	Daya Keluaran Sumber Optik	4 dB

VI. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengukuran pada Jaringan yang Sudah Terimplementasi

Hasil pengukuran performansi jaringan FTTH dilakukan langsung di rumah pelanggan dengan *bandwidth* sebesar 10 Mbps. Pengukuran performansi dilakukan menggunakan *software wireshark* untuk mengetahui nilai *throughput* dan *packet loss*. Sedangkan untuk nilai *delay* dan nilai *jitter* dapat diperoleh melalui pengoperasian hasil pengukuran dengan *software wireshark* pada *software Microsoft excel*.

4.1.1. Hasil Pengukuran Throughput

Pengukuran Hari ke I

$$\text{throughput} = \frac{\text{jumlah data yang dikirim (bytes)}}{\text{waktu pengiriman (time span)}}$$

$$\text{throughput} = \frac{4562469 \text{ bytes}}{41,525 \text{ detik}}$$

Untuk mengoversikan nilai bytes ke bits maka dikalikan dengan 8, seperti di bawah :

$$\text{throughput} = 109872,8236 \times 8$$

$$\text{throughput} = 879 \text{ kbps}$$

Dari hasil perhitungan di atas didapatkan nilai *throughput* sebesar 879 kbps yang mana nilai tersebut masuk pada kriteria bagus. Maka berdasarkan perhitungan dan langkah yang sama untuk mengetahui nilai *throughput* pada hari selanjutnya dapat dilihat pada tabel 10 di bawah ini:

Tabel 10. Nilai Hasil Throughput

No.	Hari	Nilai Rata-rata Throughput (bps)	Nilai Throughput (kbps)	Kategori TIPHON
1.	Hari I	109872,8236	879	Bagus
2.	Hari II	157171,3717	1257	Sangat Bagus
3.	Hari III	223287,7051	1786	Sangat Bagus
4.	Hari IV	33808,772373	270	Buruk
5.	Hari V	22670,6815	181	Buruk

Berdasarkan tabel 10 di atas maka rata-rata nilai *throughput* yang didapatkan pada 5 hari pengukuran adalah 874,6 dengan kategori “bagus”.

4.1.2. Hasil Pengukuran Packet Loss

Pengukuran Hari ke I

$$\text{packet loss}(\%) = \left(\frac{\text{paket data dikirim} - \text{paket data diterima}}{\text{paket data dikirim}} \right) \times 100$$

$$\text{packet loss}(\%) = \left(\frac{5877 - 5871}{5877} \right) \times 100$$

$$\text{packet loss}(\%) = (0,0010) \times 100$$

$$\text{packet loss}(\%) = 0,10\%$$

Berdasarkan perhitungan di atas didapatkan nilai paket loss sebesar 0,10% maka nilai paket loss masuk pada kategori sangat bagus dengan indeks 4 (0% - 2). Dengan melakukan perhitungan yang sama dengan perhitungan di atas pada hari selanjutnya maka dapat dilihat pada tabel 11 di bawah ini yang menunjukan nilai hasil *Packet loss* dari hari I – V adalah:

Tabel 11. Nilai Hasil *Packet Loss*

No.	Hari	Packet			Kategori TIPHON
		Sent	Loss	Loss (%)	
1.	Hari I	5877	5871	0,10%	Sangat Bagus
2.	Hari II	6557	6556	0,015%	Sangat Bagus
3.	Hari III	7123	7106	0,23%	Sangat Bagus
4.	Hari IV	2186	2132	2,5%	Sangat Bagus
5.	Hari V	3436	3426	0,29%	Sangat Bagus

Berdasarkan tabel 11 di atas maka rata-rata nilai *packet loss* yang didapatkan pada 5 hari pengukuran adalah 0,627 dengan kategori TIPHON “sangat bagus”.

4.1.3. Hasil Pengukuran *Delay*

Pengukuran Hari ke I

Mengacu pada hasil data yang menggunakan pengoperasian *Excel* didapatkan hasil nilai dari total *delay* hari I sebesar **415,249 sekon**.

Maka untuk mencari rata-rata *delay* dapat diperoleh menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{rata - rata delay} = \frac{\text{total delay}}{\text{jumlah paket}}$$

$$\text{rata - rata delay} = \frac{415,249}{5877}$$

$$\text{rata - rata delay} = 0,07065 \text{ sekon (70 ms)}$$

Dari hasil perhitungan di atas maka nilai *delay* diambil dari nilai rata-rata *delay* sebesar 70 nilai tersebut masuk dalam kategori sangat bagus dengan indeks 4.

Berdasarkan perhitungan dan langkah yang sama untuk mengetahui nilai *delay* pada hari selanjutnya dapat dilihat pada tabel 12 di bawah ini:

Tabel 12. Nilai Hasil *Delay*

No.	Hari	Packet			Kategori TIPHON
		Jumlah Paket yng Diterima	Total Delay	Rata-rata Delay (ms)	
1.	Hari I	5877	415,249	70	Sangat Bagus
2.	Hari II	6557	39,213239	5,98	Sangat Bagus
3.	Hari III	7123	24,612039	0,34	Sangat Bagus
4.	Hari IV	2186	31,621584	14,46	Sangat Bagus
5.	Hari V	3436	90,663161	26	Sangat Bagus

Berdasarkan tabel 12 di atas maka rata-rata nilai *delay* yang didapatkan pada 5 hari pengukuran adalah 23,356 dengan kategori TIPHON “sangat bagus”.

4.1.4. Hasil Pengukurann *Jitter*

Pengukuran Hari I

Sama dengan nilai total *delay*, nilai total *jitter* diambil dari hasil data pengoperasian menggunakan *Excel* maka yang didapatkan hasil nilai total *jitter* hari ke I sebesar 6,22176 sekon.

Maka untuk mengetahui nilai rata-rata *jitter* dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan seperti di bawah ini :

$$\text{rata - rata jitter} = \frac{\text{total jitter}}{\text{jumlah paket}}$$

$$\text{rata - rata jitter} = \frac{6,22176}{5877}$$

$$\text{rata - rata jitter} = 0,00105866 \text{ sekon (1,058 ms)}$$

Dari hasil perhitungan di atas maka nilai *jitter* diambil dari nilai rata-rata *jitter* sebesar 1,058 nilai tersebut masuk dalam kategori bagus dengan indeks 3 (0 – 75 ms). Berdasarkan perhitungan dan langkah yang sama untuk mengetahui nilai *jitter* pada hari selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.4 di bawah ini:

Tabel 13. Nilai Hasil *Jitter*

No.	Hari	Packet			Kategori TIPHON
		Jumlah Paket yng Diterima	Total Jitter	Rata-rata Jitter (ms)	
1.	Hari I	5877	6,22176	1,058	Sangat Bagus
2.	Hari II	6557	0,701478	0,106	Sangat Bagus
3.	Hari III	7123	0,291012	0,040	Sangat Bagus
4.	Hari IV	2186	0,066883	0,030	Sangat Bagus
5.	Hari V	3436	0,354537	0,103	Sangat Bagus

Berdasarkan tabel 13 di atas maka rata-rata nilai *delay* yang didapatkan pada 5 hari pengukuran adalah 23,356 dengan kategori TIPHON “sangat bagus”.

4.2. Perhitungan Link Power Budget

4.2.1. Uplink

Berdasarkan jarak OLT ke FDT yang melewati joint box 1 sampai joint box 6 sebesar 9,006 km, jarak dari FDT ke FAT sebesar 0,2 km dan jarak FAT ke ONT yang berada di tempat penelitian sebesar 0,3 km. Maka dari jarak-jarak tersebut mempunyai total sebesar 9,508 km dengan menggunakan persamaan di bawah ini didapatkan nilai redaman sistem (α_{tot}) sebagai berikut:

$$\alpha_{tot} = L. \alpha_{fiber} + Nc. \alpha_c + Ns. \alpha_s + \alpha_{sp}$$

$$\alpha_{tot} = (9,508 \times 0,35 \text{ dB}) + (7 \times 0,75 \text{ dB}) + (11 \times 0,05 \text{ dB}) + 20 \text{ dB}$$

$$\alpha_{tot} = 3,3278 \text{ dB} + 5,25 \text{ dB} + 0,55 \text{ dB} + 20 \text{ dB}$$

$$\alpha_{tot} = 29,1278 \text{ dB}$$

Setelah didapatkan nilai α_{tot} , maka nilai daya terima (P_{rx}) dengan keterangan nilai P_{tx} adalah:

$$P_{rx} = P_{tx} - \alpha_{tot} - M_s$$

$$P_{rx} = 4 \text{ dBm} - 29,1278 \text{ dB} - 6 \text{ dB}$$

$$P_{rx} = -31,1278 \text{ dBm}$$

Setelah didapatkan nilai P_{rx} maka untuk nilai margin daya (M) adalah:

$$M = (P_{tx} - P_r) - \alpha_{tot} - M_s$$

$$M = (4 \text{ dBm} - (-28 \text{ dB})) - 29,1278 \text{ dB} - 6 \text{ dB}$$

$$M = 8,8722 \text{ dBm}$$

4.2.2. Downlink

Dengan berdasarkan jarak OLT ke FDT yang melewati *joint box* 1 sampai *joint box* 6 sebesar 9,006 km, jarak dari FDT ke FAT sebesar 0,2 km dan jarak FAT ke ONT yang berada di tempat penelitian sebesar 0,3 km. Maka dari jarak-jarak tersebut mempunyai total sebesar 9,508 km dengan menggunakan persamaan di bawah ini didapatkan nilai redaman sistem (α_{tot}) sebagai berikut:

$$\alpha_{tot} = L. \alpha_{fiber} + Nc. \alpha_c + Ns. \alpha_s + \alpha_{sp}$$

$$\alpha_{tot} = (9,508 \times 0,21 \text{ dB}) + (7 \times 0,75 \text{ dB}) + (11 \times 0,05 \text{ dB}) + 20 \text{ dB}$$

$$\alpha_{tot} = 1,99668 \text{ dB} + 5,25 \text{ dB} + 0,55 \text{ dB} + 20 \text{ dB}$$

$$\alpha_{tot} = 27,79668 \text{ dB}$$

Setelah didapatkan nilai α_{tot} , maka nilai P_{rx} adalah:

$$P_{rx} = P_{tx} - \alpha_{tot} - M_s$$

$$P_{rx} = 4 \text{ dBm} - 27,79668 \text{ dB} - 6 \text{ dB}$$

$$P_{rx} = -29,79668 \text{ dBm}$$

Setelah didapatkan nilai P_{rx} maka untuk nilai margin daya (M) adalah:

$$M = (P_t - P_r) - \alpha_{tot} - M_s$$

$$M = (4 \text{ dBm} - (-28 \text{ dB})) - 27,79668 \text{ dB} - 6 \text{ dB}$$

$$M = 10,20332 \text{ dBm}$$

Dengan demikian, *link power budget* OLT menuju ke ONT yang didapatkan dengan perhitungan di atas ditunjukkan pada tabel 14 di bawah ini:

Tabel 14. Hasil Perhitungan Uplink dan Downlink

Uplink			Downlink		
α_{tot} (dB)	P_{rx} (dBm)	M (dBm)	α_{tot} (dB)	P_{rx} (dBm)	M (dBm)
29,1278	-31,1278	8,8722	27,79668	-29,79668	10,20332

Dari hasil tersebut dinyatakan bahwa jaringan yang sudah terimplementasi memiliki nilai yang melebihi dari standarisasi ITU-T G.948 dengan redaman total maksimal 28 ($P_{rx} > -28$) hal ini dapat disebabkan oleh jarak tempuh karena semakin jauh jarak yang ditempuh, maka akan menambah nilai redaman sehingga sinyal akan menjadi terlalu lemah.

4.3. Langkah Perbaikan Performansi Jaringan

Berdasarkan analisis yang sudah dilakukan bahwa ada beberapa hasil nilai setelah pengukuran dan perhitungan yang tidak memenuhi standarisasi dan hasil nilai redaman yang sangat tinggi, hal itu dapat mempengaruhi kinerja jaringan karena semakin besar redaman maka semakin besar pula penurunan daya optik, yang dapat mengurangi jarak jangkauan sinyal dan mempengaruhi kualitas sinyal. Dengan penggunaan konektor SC APC ini yang memiliki keunggulan dalam mencakup koneksi yang cepat, stabil, dan lebih menunjang. Selain itu, konektor SC APC ini terbuat dari material berkualitas tinggi yaitu bahan *ferulle* keramik yang menjamin kualitas transmisi dan daya tahan perangkat.

Nilai redaman pada konektor SC APC ini sebesar 0,25 dB/Konektor. Maka dapat diperoleh nilai redaman (α_{tot}) sebagai berikut:

4.3.1. Uplink

$$\alpha_{tot} = L. \alpha_{fiber} + Nc. \alpha_c + Ns. \alpha_s + \alpha_{sp}$$

$$\alpha_{tot} = (9,508 \times 0,35 \text{ dB}) + (7 \times 0,25 \text{ dB}) + (11 \times 0,05 \text{ dB}) + 20 \text{ dB}$$

$$\alpha_{tot} = 3,3278 \text{ dB} + 1,75 \text{ dB} + 0,55 \text{ dB} + 20 \text{ dB}$$

$$\alpha_{tot} = 25,6278 \text{ dB}$$

Setelah didapatkan nilai α_{tot} , maka nilai Prx adalah:

$$Prx = Ptx - \alpha_{tot} - Ms$$

$$Prx = 4 \text{ dBm} - 25,6278 \text{ dB} - 6 \text{ dB}$$

$$Prx = -27,6278 \text{ dBm}$$

Setelah didapatkan nilai Prx maka untuk nilai margin daya (M) adalah:

$$M = (P_t - P_r) - \alpha_{tot} - M_s$$

$$M = (4 \text{ dBm} - (-28 \text{ dB})) - 25,6278 \text{ dB} - 6 \text{ dB}$$

$$M = 12,3722 \text{ dBm}$$

4.3.2. Downlink

$$\alpha_{tot} = L. \alpha_{fiber} + Nc. \alpha_c + Ns. \alpha_s + \alpha_{sp}$$

$$\alpha_{tot} = (9,508 \times 0,21) + (7 \times 0,25) + (11 \times 0,05) + 20$$

$$\alpha_{tot} = 1,99668 + 1,75 + 0,55 + 20$$

$$\alpha_{tot} = 24,29668 \text{ dB}$$

Setelah didapatkan nilai α_{tot} , maka nilai Prx adalah:

$$Prx = Ptx - \alpha_{tot} - Ms$$

$$Prx = 4 - 24,29668 - 6$$

$$Prx = -26,29668 \text{ dBm}$$

Setelah didapatkan nilai Prx maka untuk nilai margin daya (M) adalah:

$$M = (P_t - P_r) - \alpha_{tot} - M_s$$

$$M = (4 \text{ dBm} - (-28 \text{ dB})) - 24,29668 \text{ dB} - 6 \text{ dB}$$

$$M = 13,70332 \text{ dBm}$$

Dengan demikian, nilai *link power budget* dari OLT menuju ke ONT setelah diperbaiki yang didapatkan dengan perhitungan di atas ditunjukkan pada tabel 15 di bawah ini:

Tabel 15. Perhitungan *Link Power Budget*

Uplink			Downlink		
α_{tot} (dB)	P_{rx} (dBm)	M (dBm)	α_{tot} (dB)	P_{rx} (dBm)	M (dBm)
25,6278	-27,6278	12,3722	24,29668	-26,29668	13,70332

4.4 Performansi Jaringan Setelah diperbaiki

Setelah dilakukan perbaikan dan pengukuran kembali maka dapat diperoleh hasil pengukuran setelah perbaikan seperti di bawah ini:

a. Hasil Nilai *Throughput* Setelah Diperbaiki

$$throughput = \frac{\text{jumlah data yang dikirim (bytes)}}{\text{waktu pengiriman (time span)}}$$

$$throughput = \frac{6380629 \text{ bytes}}{17,070 \text{ detik}}$$

Untuk mengoversikan nilai bytes ke bits maka dikalikan dengan 8, seperti di bawah:

$$throughput = 373791,974 \times 8$$

$$throughput = 2990 \text{ kbps}$$

Berdasarkan perhitungan di atas dapat dilihat pada tabel 16 di bawah ini merupakan nilai *throughput* pada 5 hari pengukuran setelah perbaikan:

Tabel 16. Hasil *Throughput* Setelah Diperbaiki

No.	Hari	Nilai Rata-rata <i>Throughput</i> (bps)	Nilai <i>Throughput</i> (kbps)	Kategori TIPHON
1.	Hari I	373791,974	2990	Sangat Bagus
2.	Hari II	126787,031	1014	Sangat Bagus
3.	Hari III	218388,256	1747	Sangat Bagus
4.	Hari IV	302624,878	2421	Sangat Bagus
5.	Hari V	215277,901	1722	Sangat Bagus

b. Hasil Nilai *Packet Loss* Setelah Diperbaiki

Dapat dilihat pada tabel 4.8 di bawah ini merupakan tabel hasil nilai *Packet Loss* setelah dilakukannya perbaikan:

$$packet \text{ loss}(\%) = \left(\frac{\text{paket data dikirim} - \text{paket data diterima}}{\text{paket data dikirim}} \right) \times 100$$

$$packet \text{ loss}(\%) = \left(\frac{8909 - 8811}{8909} \right) \times 100$$

$$packet \text{ loss}(\%) = (0,0110) \times 100$$

$$packet \text{ loss}(\%) = 1,1\%$$

Berdasarkan perhitungan di atas dapat dilihat pada tabel 17 di bawah ini merupakan nilai *packet loss* pada 5 hari pengukuran setelah perbaikan:

Tabel 17. Hasil Nilai *Packet Loss* Setelah Diperbaiki

No.	Hari	Packet			Kategori TIPHON
		Sent	Loss	Loss (%)	
1.	Hari I	8909	8811	1,1%	Sangat Bagus
2.	Hari II	2060	2050	0,5%	Sangat Bagus
3.	Hari III	4578	4497	1,8%	Sangat Bagus
4.	Hari IV	8086	8036	0,6%	Sangat Bagus
5.	Hari V	6558	6545	0,2%	Sangat Bagus

c. Hasil Nilai Delay Setelah Diperbaiki

Mengacu pada hasil data yang menggunakan pengoperasian *Excel* pada tabel di atas, maka didapatkan hasil nilai dari total *delay* hari I setelah perbaikan sebesar **17,070102 sekon**.

Maka untuk mencari rata-rata *delay* dapat diperoleh sebagai berikut :

$$\text{rata - rata delay} = \frac{\text{total delay}}{\text{jumlah paket}}$$

$$\text{rata - rata delay} = \frac{17,070102}{8909}$$

$$\text{rata - rata delay} = 0,00191605 \text{ sekon (1,91 ms)}$$

Dapat dilihat pada tabel 18 di bawah ini merupakan tabel hasil nilai *Delay* setelah dilakukannya perbaikan:

Tabel 18. Hasil Nilai *Delay* Setelah diperbaiki

No.	Hari	Packet			Kategori TIPHON
		Jumlah Paket yang diterima	Total Delay	Rata-rata Delay (ms)	
1.	Hari I	8909	17,070102	1,91	Sangat Bagus
2.	Hari II	2060	14,419849	6,99	Sangat Bagus
3.	Hari III	4578	16,96348	3,70	Sangat Bagus
4.	Hari IV	8086	16,431971	2,03	Sangat Bagus
5.	Hari V	6558	28,636079	4,36	Sangat Bagus

d. Hasil Nilai Jitter Setelah Diperbaiki

Sama dengan nilai total *delay*, nilai total *jitter* diambil dari hasil data pengoperasian menggunakan *Excel*. Maka yang didapatkan hasil nilai total *jitter* hari ke I sebesar 0,08831 sekon.

Maka nilai rata-rata *jitter* dapat diperoleh seperti di bawah ini:

$$\text{rata - rata jitter} = \frac{\text{total jitter}}{\text{jumlah paket}}$$

$$\text{rata - rata jitter} = \frac{0,08831}{8909}$$

$$\text{rata - rata jitter} = 0,0000991 \text{ sekon (0,009 ms)}$$

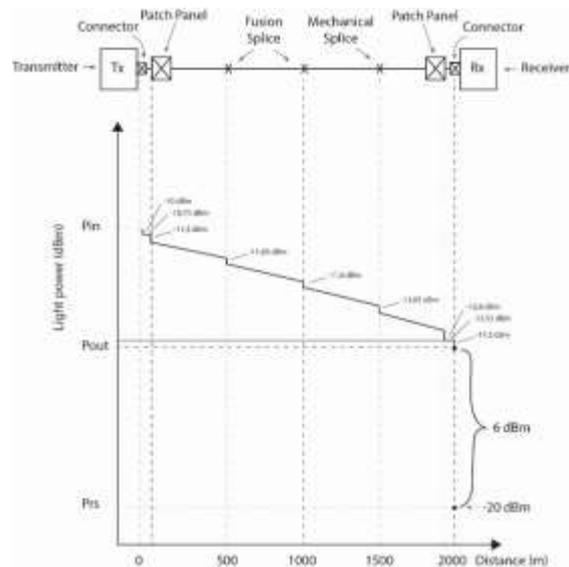
Dari hasil perhitungan di atas maka dapat dilihat pada tabel 19 di bawah ini merupakan tabel hasil nilai *Jitter* setelah dilakukannya perbaikan:

Tabel 19. Hasil Nilai *Jitter* Setelah diperbaiki

No.	Hari	Packet			Kategori TIPHON
		Jumlah Paket yang diterima	Total Jitter	Rata-rata Jitter (ms)	
1.	Hari I	8909	0,088311	0,009	Bagus
2.	Hari II	2060	0,290001	0,140	Bagus
3.	Hari III	4578	0,090148	0,019	Bagus
4.	Hari IV	8086	0,575167	0,071	Bagus
5.	Hari V	6558	3,77315	0,57	Bagus

Berdasarkan tabel-tabel hasil pengukuran dan perhitungan setelah perbaikan di atas, pergantian konektor dari SC UPC menjadi SC APC menunjukkan perubahan performansi yang meningkat. Nilai-nilai hasilnya memenuhi setiap kategori standarisasi TIPHON yang sesuai dan telah ditentukan. Hal tersebut menunjukan bahwa perbaikan yang dilakukan dengan pergantian konektor dari SC UPC menjadi SC APC dapat memperbaiki performansi jaringan FTTH yang terimpelentasi dengan lebih baik guna menunjang kebutuhan pelanggan ICON+.

4.4 Diagram Level Sinyal



Gambar. 6. Diagram Level Sinyal.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan pada bab IV maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada Performansi jaringan FTTH yang sudah terimplementasi di ICON+ yang telah dilakukan pengukuran menggunakan *software wireshark* dan perhitungan menggunakan parameter

QoS dan *power link budget* maka terdapat nilai rata-rata *throughput* adalah sebesar 874,6 kbps dengan kategori TIPHON “bagus”, rata-rata nilai *packet loss* sebesar 0,627% dengan kategori TIPHON “sangat bagus”, nilai *delay* sebesar 23,356 dengan kategori TIPHON “sangat bagus”, dan nilai *jitter* sebesar 0,2674 dengan kategori TIPHON “bagus”. Kemudian memiliki nilai redaman total (α_{tot}) sebesar 29,1278 dB pada *uplink* dan sebesar 27,79668 pada *downlink*, dengan nilai *Prx* sebesar -31,1278 pada *uplink* dan sebesar -29,79668 pada *downlink*. Dari hasil tersebut dinyatakan bahwa jaringan yang sudah terimplementasi memiliki nilai tidak layak dikarenakan melebihi dari standarisasi ITU-T G.948 dengan redaman total maksimal 28 ($Prx > -28$) hal ini dapat disebabkan oleh jarak tempuh atau adanya masalah pada konektor atau sambungannya yang dapat mempengaruhi kualitas data yang akan diterima. Kemudian untuk nilai margin daya (M) sebesar 8,8722 dBm pada *uplink* dan 10,20332 dBm pada *downlink*, nilai tersebut menunjukan nilai positif, maka hal tersebut menunjukan bahwa nilai *margin daya uplink* dan *margin daya downlink* lebih kecil dengan nilai total *loss*.

2. Setelah didapat nilai hasil dari pengukuran dan perhitungan yang terdapat adanya nilai hasil yang tidak memenuhi standarisasi yang sudah ditentukan maka dilakukannya perbaikan dengan pergantian konektor dari SC UPC ke SC APC yang memiliki nilai redaman sebesar 0,25 dB/konektor maka didapatkan nilai hasil nilai redaman total (α_{tot}) sebesar 25,6278 dB pada *uplink* dan sebesar 24,29668 pada *downlink*, dengan nilai *Prx* sebesar -27,6278 pada *uplink* dan sebesar -26,29668 pada *downlink*, nilai margin daya (M) sebesar 12,3722 dBm pada *uplink* dan 13,70332 dBm pada *downlink*. Hasil tersebut menunjukan bahwa nilai redaman total setelah diperbaiki berkurang dari sebelumnya, hal ini menunjukan nilai redaman total menjadi layak dan memenuhi standarisasi dari ITU-T G984 dengan

redaman total maksimal 28 ($Prx > -28$). Setelah dilakukan pengukuran performansi kembali maka diperoleh nilai rata-rata *throughput* sebesar 1978 kbps dengan kategori TIPHON “sangat bagus”. Kemudian untuk nilai rata-rata *packet loss* sebesar 0,84% dengan kategori TIPHON “sangat bagus”. Rata-rata untuk nilai *delay* sebesar 3,798 ms dengan kategori TIPHON “sangat bagus”. Hal tersebut menunjukan bahwa performansi jaringan saat dilakukan perbaikan berjalan lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. Awalia and A. B. Pantjawati, “Performance Simulation of Fiber to the Home (FTTH) Devices Based on Optisystem,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 384, no. 1, 2018, doi: 10.1088/1757-899X/384/1/012051.
- [2] G. Wibisono, U. Kurniawan, and agus ganda permana Permana, *Jaringan Telekomunikasi dan Teknologi Informasi*. Bandung: INFORMATIKA, 2018.
- [3] AWALUDIN PAMUNGKAS, “Analisis Optimasi Redaman Terhadap Jaringan Izi Network Di Daerah Sekolah Utara,” pp. 8–32, 2022.
- [4] S. H. VIANI, “ANALISA QOS (QUALITY of SERVICE) PADA JARINGAN INTERNET (STUDI KASUS : UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH RIAU),” *Perpustakaan Univ. Islam Riau*, p. 76, 2021, [Online]. Available: <https://repository.uir.ac.id/9059/1/143510228.pdf>.
- [5] S. Sitohang and A. S. Setiawan, “Implementasi Jaringan Fiber To the Home (Ftth) Dengan,” *J. SIMETRIS*, vol. 7, no. 2, pp. 879–888, 2018.
- [6] P. Muliandhi, E. H. Faradiba, and B. A. Nugroho, “Analisa Konfigurasi Jaringan FTTH dengan Perangkat OLT Mini untuk Layanan Indihome di PT. Telkom Akses Witel Semarang,” *Elektrika*, vol. 12, no. 1, p. 7, 2020, doi: 10.26623/elektrika.v12i1.1977.
- [7] S. Jazuli, “Perbedaan Single Mode dan Multimode Pada Fiber Optik,” 2021. <https://www.tutorfiber.com/2021/02/pe>

- rbedaan-single-mode-dan-multimode.html (accessed Jul. 27, 2023).
- [8] F. Ilhamirosa, J. P. Hapsari, and M. Ismail, "Link Budget Analisis Fiber To the Home Pada Wilayah Efisien Di Puri Anjasmoro Kecamatan Semarang Barat," pp. 189–196, 2019.
- [9] D. Rahmat, "Perancangan Kabel Fiber optic tipe adss (all dielektrik self supporting) untuk pt Indonesia comnets plus," 2016.
- [10] Okta Nur Theo Yuwana, "Perancangan Jaringan Fiber To the Home (Fth) Dengan Teknologi Gpon Di Kecamatan Cibeber Kota Cilegon," *Peranc. Jar. Fiber To Home Dengan Teknol. Gpon Di Kec. Cibeber Kota Cilegon*, p. 56, 2017

PENULIS

- [1] **Efira Nur Reysa, ST.** Alumni (2024) Program Studi Teknik Elektro. Fakultas Teknik Universitas Pakuan. (efiranur14reysa@gmail.com)
- [2] **Dr. Tjut Awaliyah Zuraiyah, M.Kom.** Staf Dosen Pengajar Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Pakuan.
- [3] **Agustini Rodiah Machdi, ST., MT.** Staf Dosen Pengajar Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Pakuan.