

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab IV ini akan memaparkan data hasil perhitungan power link budget dan rise time budget pada ketiga jalur yang telah terpilih, yaitu:

1. Pluit – Kota 1
2. Pluit – Cideng
3. Pluit – Kota 2

Dari hasil perhitungan power link budget dan rise time budget peneliti dapat menganalisa dan menentukan jalur manakah yang terbaik untuk dibangunnya trunk terbaru. Selain itu peneliti juga melakukan pengukuran menggunakan alat *Optical Power Meter* (OPM) untuk melihat *loss* yang terukur pada jalur yang telah terpilih. Kemudian *loss* dari hasil perhitungan dan pengukuran dibandingkan.

4.1. Hasil Perhitungan Power Link Budget

Perhitungan power link budget dilakukan dengan menghitung *total loss* pada ketiga jalur yang telah terpilih, masing-masing menggunakan *interface*:

1. 10G BASE XFP, *wavelength* 1310 nm, jarak 10 km
2. 10G BASE XFP, *wavelength* 1550 nm, jarak 40 km

Berikut adalah hasil perhitungan power link budget untuk ketiga jalur:

1. Pluit – Kota 1

Tabel 4.1 adalah data parameter-parameter yang dibutuhkan untuk menghitung power link budget pada jalur Pluit-Kota 1.

Tabel 4.1 Data Parameter Jalur Pluit-Kota 1

Parameter	Pluit –Kota 1
Jarak	4,5 km
Jenis kabel	Single Mode
Tipe Kabel	G.652 G.655
<i>Wavelength</i> (λ)	1310 nm & 1550 nm
Jumlah haspel	2 buah
Jumlah <i>Splice</i> (N_s)	3 buah
Jumlah Konektor (N_c)	2 buah
<i>Loss Fiber</i> (L_s)	0.4 dB/km ($\lambda = 1310$ nm)
	0.35 dB/km ($\lambda = 1550$ nm)
<i>Loss Splice</i> (L_s)	0,5 dB
<i>Loss Konektor</i> (L_c)	0,5 dB
<i>Loss Margin</i> (M)	6-8 dB

Loss splice, *loss konektor* dan *loss fiber* dapat dihitung menggunakan rumus (2.1), (2.2) dan (2.3) sebagai berikut:

1. *Loss Splice* (α_s)

$$\alpha_s = N_s * L_s = 3 * 0,5 \text{ dB} = 1,5 \text{ dB}$$

2. *Loss konektor* (α_c)

$$\alpha_c = N_c * L_c = 2 * 0,5 \text{ dB} = 1 \text{ dB}$$

3. *Loss Fiber* (α_f)

a. untuk kabel *wavelength* 1310 nm :

$$(\alpha_f) = L * L_f = 4,5 \text{ km} * 0,4 \text{ dB/km} = 1,8 \text{ dB}$$

b. untuk kabel *wavelength* 1550 nm :

$$(\alpha_f) = L * L_f = 4,5 \text{ km} * 0,35 \text{ dB/km} = 1,58 \text{ dB}$$

Total Loss dapat dihitung dengan menggabungkan ketiga redaman serta *loss margin* yang telah ditentukan PT. Telkom yaitu 8 dB:

a. untuk kabel *wavelength* 1310 nm :

$$\begin{aligned} \text{Total Loss} &= \alpha_f + \alpha_c + \alpha_s + M = 1,8 + 1 + 1,5 + 8 \text{ (dB)} \\ &= 12,3 \text{ dB} \end{aligned}$$

b. untuk kabel *wavelength* 1550 nm :

$$\begin{aligned} \text{Total Loss} &= \alpha_f + \alpha_c + \alpha_s + M = 1,58 + 1 + 1,5 + 8 \text{ (dB)} \\ &= 12,1 \text{ dB} \end{aligned}$$

Perhitungan power link budget untuk Pluit-Kota 1 adalah:

Untuk daya pancar (P_T) = -8 dBm ,

$$\begin{aligned} P_R &= P_T - \text{Total Loss} \\ &= P_T - (\alpha_f + \alpha_s + \alpha_c + M) \\ &= -8 - (1,8 + 1 + 1,5 + 8) \\ &= -11 - 12,3 \\ &= -20,3 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Perhitungan power link budget jalur Pluit-Kota 1 menggunakan 10G BASE XFP, kabel *wavelength* 1310 nm, jarak 10 km, berdasarkan daya pancar (P_{Tx}) standar perangkat, yaitu -8,2 s/d 0,5 dBm dapat disimpulkan pada tabel 4.2. Daya terima (P_{Rx}) standar perangkat, yaitu -14,4 s/d 0,5 dBm.

Tabel 4.2. Data Perhitungan Power Link Budget pada jalur Pluit-Kota 1 menggunakan 10G BASE XFP, kabel *wavelength* 1310 nm, jarak 10 km

P_{Tx} (dBm)	Total Loss (dB)	P_{Rx} (dBm)	Keterangan
-8	12,3	-20,3	Tdk memenuhi
-7	12,3	-19,3	Tdk memenuhi
-6	12,3	-18,3	Tdk memenuhi
-5	12,3	-17,3	Tdk memenuhi
-4	12,3	-16,3	Tdk memenuhi

-3	12,3	-15,3	Tdk memenuhi
-2	12,3	-14,3	Memenuhi
-1	12,3	-13,3	Memenuhi
0	12,3	-12,3	Memenuhi
0.5	12,3	-11,8	Memenuhi

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel 4.2 diatas, nilai total redaman sebesar 12,3 dB. Setelah di akumulasi, nilai P_{Tx} dari -8 s/d -3 dBm tidak dapat digunakan sebab nilai P_{Rx} yang dihasilkan diluar batas standar. Indikasi yang peneliti berikan adalah “Tdk Memenuhi”. Nilai P_{Tx} dari -2 s/d 0,5 dBm diindikasikan dengan “Memenuhi” sebab nilai P_{Rx} yang dihasilkan dapat diterima pada batas standar perangkat.

Perhitungan power link budget jalur Pluit-Kota 1 menggunakan *interface* 10G BASE XFP, kabel *wavelength* 1550 nm, jarak 40 km, berdasarkan daya pancar (P_{TX}) standar perangkat, yaitu -4,7 s/d 4 dBm dapat disimpulkan pada tabel 4.3. Daya terima (P_{Rx}) standar perangkat, yaitu -15,8 s/d -1 dBm.

Tabel 4.3. Data Perhitungan Power Link Budget pada jalur Pluit-Kota 1 menggunakan 10G BASE XFP, kabel wavelength 1550 nm, jarak 40 km

P_{Tx} (dBm)	Total loss (dB)	P_{Rx} (dBm)	Keterangan
-4	12,1	-16,1	Tdk memenuhi
-3	12,1	-15,1	Memenuhi
-2	12,1	-14,1	Memenuhi
-1	12,1	-13,1	Memenuhi
0	12,1	-12,1	Memenuhi
1	12,1	-11,1	Memenuhi
2	12,1	-10,1	Memenuhi
3	12,1	-9,1	Memenuhi
4	12,1	-8,1	Memenuhi

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel 4.3 di atas, nilai total redaman sebesar 12,1 dB. Setelah di akumulasi, nilai P_{Tx} -4 dBm tidak dapat digunakan sebab nilai P_{Rx} yang dihasilkan, yaitu -16,1 diluar batas standar. Indikasi yang peneliti berikan adalah “Tdk Memenuhi”. Nilai P_{Tx} dari -3 s/d 4 dBm diindikasikan dengan “Memenuhi” sebab nilai P_{Rx} yang dihasilkan dapat diterima pada batas standar perangkat.

2. Pluit – Cideng

Tabel 4.4 adalah data parameter-parameter yang dibutuhkan untuk menghitung power link budget pada jalur Pluit-Cideng.

Tabel 4.4. Data Parameter Jalur Pluit – Cideng

Parameter	Pluit –Cideng
Jarak	6,16 km
Jenis kabel	<i>Single Mode</i>
Tipe Kabel	G.652 G.655
<i>Wavelength</i> (λ)	1310 nm & 1550 nm
Jumlah haspel	2 buah
Jumlah <i>Splice</i> (N_s)	3 buah
Jumlah Konektor (N_c)	2 buah
<i>Loss Fiber</i> (L_s)	0.4 dB/km ($\lambda = 1310$ nm) 0.35 dB/km ($\lambda = 1550$ nm)
<i>Loss Splice</i> (L_s)	0,5 dB
<i>Loss Konektor</i> (L_c)	0,5 dB
<i>Loss Margin</i> (M)	6-8 dB

Loss splice, *loss konektor* dan *loss fiber* dapat dihitung menggunakan rumus (2.1), (2.2) dan (2.3) sebagai berikut:

1. *Loss Splice* (α_s)

$$\alpha_s = N_s * L_s = 3 * 0,5 \text{ dB} = 1,5 \text{ dB}$$

2. *Loss* konektor (α_c)

$$\alpha_c = N_c * L_c = 2 * 0,5 \text{ dB} = 1 \text{ dB}$$

3. *Loss* Fiber (α_f)

- a. untuk kabel
- wavelength*
- 1310 nm :

$$(\alpha_f) = L * L_f = 6,16 \text{ km} * 0,4 \text{ dB/km} = 2,5 \text{ dB}$$

- b. untuk kabel
- wavelength*
- 1550 nm :

$$(\alpha_f) = L * L_f = 6,16 \text{ km} * 0,35 \text{ dB/km} = 2,2 \text{ dB}$$

Total Loss dapat dihitung dengan menggabungkan ketiga redaman serta *loss* margin yang telah ditentukan PT. Telkom yaitu 8 dB:

- a. untuk kabel
- wavelength*
- 1310 nm :

$$\begin{aligned} \text{Total Loss} &= \alpha_f + \alpha_c + \alpha_s + M = 2,5 + 1 + 1,5 + 8 \text{ (dB)} \\ &= 13 \text{ dB} \end{aligned}$$

- b. untuk kabel
- wavelength*
- 1550 nm :

$$\begin{aligned} \text{Total Loss} &= \alpha_f + \alpha_c + \alpha_s + M = 2,2 + 1 + 1,5 + 8 \text{ (dB)} \\ &= 12,7 \text{ dB} \end{aligned}$$

Perhitungan power link budget jalur Pluit-Cideng menggunakan 10G BASE XFP, kabel *wavelength* 1310 nm, jarak 10 km, berdasarkan daya pancar (P_{TX}) standar perangkat, yaitu -8,2 s/d 0,5 dBm dapat disimpulkan pada tabel 4.5. Daya terima (P_{Rx}) standar perangkat, yaitu -14,4 s/d 0,5 dBm.

Tabel 4.5. Data Perhitungan Power Link Budget pada jalur Pluit-Cideng menggunakan 10G Base XFP, kabel *wavelength* 1310 nm, jarak 10 km

P_{Tx} (dBm)	Total Loss (dB)	P_{Rx} (dBm)	Keterangan
-8	13	-21	Tdk memenuhi
-7	13	-20	Tdk memenuhi

-6	13	-19	Tdk memenuhi
-5	13	-18	Tdk memenuhi
-4	13	-17	Tdk memenuhi
-3	13	-16	Tdk memenuhi
-2	13	-15	Tdk memenuhi
-1	13	-14	Memenuhi
0	13	-13	Memenuhi
0.5	13	-12	Memenuhi

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel 4.5 di atas, nilai total redaman sebesar 13 dB. Setelah di akumulasi, nilai P_{Tx} dari -8 s/d -2 dBm tidak dapat digunakan sebab nilai P_{Rx} yang dihasilkan diluar batas standar. Indikasi yang peneliti berikan adalah “Tdk Memenuhi”. Nilai P_{Tx} dari -1 s/d 0,5 dBm diindikasikan dengan “Memenuhi” sebab nilai P_{Rx} yang dihasilkan dapat diterima pada batas standar perangkat.

Perhitungan power link budget jalur Pluit-Cideng menggunakan 10G BASE XFP, kabel wavelength 1550 nm, jarak 40 km, berdasarkan daya pancar (P_{Tx}) standar perangkat, yaitu -4,7 s/d -4 dBm dapat disimpulkan pada tabel 4.6. Daya terima (P_{Rx}) standar perangkat, yaitu -15,8 s/d -1 dBm.

Tabel 4.6. Data Perhitungan Power Link Budget pada jalur Pluit-Cideng menggunakan 10G BASE XFP kabel wavelength 1550 nm, jarak 40 km

P_{Tx} (dBm)	Total Loss (dB)	P_{Rx} (dBm)	Keterangan
-4	12,7	-16,7	Tdk Memenuhi
-3	12,7	-15,7	Memenuhi
-2	12,7	-14,7	Memenuhi
-1	12,7	-13,7	Memenuhi
0	12,7	-12,7	Memenuhi
1	12,7	-11,7	Memenuhi

2	12,7	-10,7	Memenuhi
3	12,7	-9,7	Memenuhi
4	12,7	-8,7	Memenuhi

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel 4.6 di atas, nilai total redaman sebesar 12,7 dB. Setelah di akumulasi, nilai P_{Tx} -4 dBm tidak dapat digunakan sebab nilai P_{Rx} yang dihasilkan, yaitu -16,7 dBm diluar batas standar. Indikasi yang peneliti berikan adalah “Tdk Memenuhi”. Nilai P_{Tx} dari -3 s/d 4 dBm diindikasikan dengan “Memenuhi” sebab nilai P_{Rx} yang dihasilkan dapat diterima pada batas standar perangkat.

3. Pluit - Kota 2

Tabel 4.7 adalah data parameter-parameter yang dibutuhkan untuk menghitung power link budget pada jalur Pluit-Kota 2.

Tabel 4.7. Data Parameter Jalur Pluit – Kota 2

Parameter	Pluit –Kota 2
Jarak	10,9 km
Jenis kabel	<i>Single Mode</i>
Tipe Kabel	G.652 G.655
<i>Wavelength (λ)</i>	1310 nm & 1550 nm
Jumlah haspel	3 buah
Jumlah <i>Splice</i> (N_s)	5 buah
Jumlah Konektor (N_c)	2 buah
<i>Loss Fiber</i> (L_s)	0.4 dB/km ($\lambda = 1310$ nm) 0.35 dB/km ($\lambda = 1550$ nm)
<i>Loss Splice</i> (L_s)	0,5 dB
<i>Loss Konektor</i> (L_c)	0,5 dB
<i>Loss Margin</i> (M)	6-8 dB

Loss splice, *loss konektor* dan *loss fiber* dapat dihitung menggunakan rumus (2.1), (2.2) dan (2.3) sebagai berikut:

1. *Loss Splice* (α_s)

$$\alpha_s = N_s * L_s = 5 * 0,5 \text{ dB} = 2,5 \text{ dB}$$

2. *Loss konektor* (α_c)

$$\alpha_c = N_c * L_c = 2 * 0,5 \text{ dB} = 2 \text{ dB}$$

3. *Loss Fiber* (α_f)

a. untuk kabel *wavelength* 1310 nm :

$$(\alpha_f) = L * L_f = 10,9 \text{ km} * 0,4 \text{ dB/km} = 4,36 \text{ dB}$$

b. untuk kabel *wavelength* 1550 nm :

$$(\alpha_f) = L * L_f = 10,9 \text{ km} * 0,35 \text{ dB/km} = 3,8 \text{ dB}$$

Total Loss dapat dihitung dengan menggabungkan ketiga redaman serta *loss margin* yang telah ditentukan PT. Telkom yaitu 8 dB:

a. untuk kabel *wavelength* 1310 nm :

$$Total Loss = \alpha_f + \alpha_c + \alpha_s + M = 4,36 + 2 + 2,5 + 8 \text{ (dB)} = 16,86 \text{ dB}$$

b. untuk kabel *wavelength* 1550 nm :

$$Total Loss = \alpha_f + \alpha_c + \alpha_s + M = 3,8 + 2 + 2,5 + 8 \text{ (dB)} = 16,3 \text{ dB}$$

Perhitungan power link budget jalur Pluit-Kota 2 menggunakan 10G BASE XFP, kabel *wavelength* 1310 nm, jarak 10 km, berdasarkan daya pancar (P_{TX}) standar perangkat, yaitu -8,2 s/d 0,5 dBm dapat disimpulkan pada tabel 4.8. Daya terima (P_{RX}) standar perangkat, yaitu -14,4 s/d 0,5 dBm.

Tabel 4.8. Data Perhitungan Power Link Budget pada jalur Pluit- Kota 2 menggunakan 10G BASE XFP, kabel wavelength 1310 nm, jarak 10 km

P_{Tx} (dBm)	Total Loss (dB)	P_{Rx} (dBm)	Keterangan
-8	16,86	-24,86	Tdk memenuhi
-7	16,86	-23,86	Tdk memenuhi
-6	16,86	-22,86	Tdk memenuhi
-5	16,86	-21,86	Tdk memenuhi
-4	16,86	-20,86	Tdk memenuhi
-3	16,86	-19,86	Tdk memenuhi
-2	16,86	-18,86	Tdk memenuhi
-1	16,86	-17,86	Tdk memenuhi
0	16,86	-16,86	Tdk memenuhi
0.5	16,86	-16,36	Tdk memenuhi

Total redaman sangat tinggi yaitu sebesar 16,86 dB. Dari tabel 4.8 di atas terlihat bahwa semua nilai P_{Tx} tidak dapat digunakan sebab nilai P_{Rx} yang dihasilkan diluar batas standar perangkat. Semua nilai P_{Tx} diindikasikan “Tdk Memenuhi”

Perhitungan power link budget jalur Pluit-Kota 2 menggunakan 10G BASE XFP, kabel wavelength 1550 nm, jarak 40 km, berdasarkan daya pancar (P_{Tx}) standar perangkat, yaitu $-4,7$ s/d -4 dBm dapat disimpulkan pada tabel 4.9. Daya terima (P_{Rx}) standar perangkat, yaitu $-15,8$ s/d -1 dBm.

Tabel 4.9. Data Perhitungan Power Link Budget pada jalur Pluit- Kota 2 menggunakan 10G BASE XFP, kabel wavelength 1550 nm, jarak 40 km

P_{Tx} (dBm)	Total loss (dB)	P_{Rx} (dBm)	Keterangan
-4	16,3	-20,3	Tdk memenuhi
-3	16,3	-19,3	Tdk memenuhi
-2	16,3	-18,3	Tdk memenuhi

-1	16,3	-17,3	Tdk memenuhi
0	16,3	-16,3	Tdk memenuhi
1	16,3	-15,3	Memenuhi
2	16,3	-14,3	Memenuhi
3	16,3	-13,3	Memenuhi
4	16,3	-12,3	Memenuhi

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel 4.9 di atas, setelah di akumulasi, nilai P_{Tx} dari -4 s/d 0 dBm tidak dapat digunakan sebab nilai P_{Rx} yang dihasilkan diluar batas standar. Indikasi yang peneliti berikan adalah “Tdk Memenuhi”. Nilai P_{Tx} dari 1 s/d 4 dBm diindikasikan dengan “Memenuhi” sebab nilai P_{Rx} yang dihasilkan dapat diterima pada batas standar perangkat.

4.2. Hasil perhitungan Rise Time Budget

Analisa rise time budget diperlukan untuk mengetahui apakah unjuk kerja sistem secara keseluruhan telah tercapai ataukah belum, dengan menentukan keterbatasan akibat dispersi pada saluran transmisi dan memastikan bahwa sinyal yang sampai ke detektor masih dapat diterima dengan baik tanpa terjadi distorsi yang mengganggu pembacaan sinyal.

Dengan menggunakan persamaan (2.7), maka nilai rise time sistem untuk 10 Gbps dengan format pengkodean NRZ adalah:

$$t_r = \text{rise time total sistem} = \frac{0,7}{\text{Bit rate}} = \frac{0,7}{10 \times 10^9 \text{ bps}} = 70 \text{ ps}$$

Agar hasil transmisi dapat diterima dengan baik, degradasi waktu total transmisi dari suatu hubungan digital tidak boleh melebihi 70 persen dari periode bit NRZ.

Setelah dihitung nilai rise time sistem untuk format pengkodean NRZ, maka selanjutnya menghitung rise time yang disebabkan dispersi *intramodal* menggunakan persamaan (2.6), kemudian total rise time pada sistem dapat dihitung dengan persamaan (2.5).

Tabel 4.10 adalah data parameter-parameter yang dibutuhkan untuk menghitung Rise Time Budget pada ketiga jalur.

Tabel 4.10. Data parameter Rise Time Budget

Bit Rate	10 Gbps
Jarak dan Panjang kabel	1. Jalur Pluit-Kota 1: 4,5 km 2. Jalur Pluit-Cideng: 6,16 km 3. Jalur Pluit-Kota 2: 10,9 km
BER (<i>Bit Error Rate</i>)	10^{-12}
Format Modulasi	NRZ
Panjang Gelombang (λ)	1310 nm dan 1550 nm
Rise time transmitter	38 ps
Rise time receiver	38 ps
Dispersi kromatis (D)	0,093 ps/nm.km ($\lambda = 1310$ nm) 6 ps/nm.km ($\lambda = 1550$ nm)
Lebar spektral ($\delta\lambda$)	0,35 nm

1. Jalur Pluit-Kota 1

a. untuk kabel *wavelength 1310 nm*:

$$\begin{aligned}
 t_{intramodal} &= D \cdot \sigma\lambda \cdot L \\
 &= \left(0,093 \frac{ps}{nm} \cdot km\right) * (0,35 \text{ nm}) * (4,5 \text{ km}) \\
 &= 0,146 \text{ ps}
 \end{aligned}$$

$$t_{sistem} = \sqrt{t_{TX}^2 + t_{intramodal}^2 + t_{intermodal}^2 + t_{RX}^2}$$

$$= \sqrt{(38)^2 + (0,146)^2 + (0)^2 + (38)^2}$$

$$= 53,74 \text{ ps}$$

b. untuk kabel dengan *wavelength* 1550 nm:

$$t_{inramodal} = D \cdot \sigma \lambda \cdot L$$

$$= \left(6 \frac{\text{ps}}{\text{nm}} \cdot \text{km}\right) * (0,35 \text{ nm}) * (4,5 \text{ km})$$

$$= 94,5 \text{ ps}$$

$$t_{sistem} = \sqrt{t_{TX}^2 + t_{inramodal}^2 + t_{intermodal}^2 + t_{RX}^2}$$

$$= \sqrt{(38)^2 + (94,5)^2 + (0)^2 + (38)^2}$$

$$= 54,6 \text{ ps}$$

2. Jalur Pluit-Cideng

a. untuk kabel dengan *wavelength* 1310 nm:

$$t_{inramodal} = D \cdot \sigma \lambda \cdot L$$

$$= \left(0,093 \frac{\text{ps}}{\text{nm}} \cdot \text{km}\right) * (0,35 \text{ nm}) * (6,16 \text{ km})$$

$$= 0,2 \text{ ps}$$

$$t_{sistem} = \sqrt{t_{TX}^2 + t_{inramodal}^2 + t_{intermodal}^2 + t_{RX}^2}$$

$$= \sqrt{(38)^2 + (0,2)^2 + (0)^2 + (38)^2}$$

$$= 53,74 \text{ ps}$$

b. untuk kabel dengan *wavelength* 1550 nm:

$$t_{inramodal} = D \cdot \sigma \lambda \cdot L$$

$$= \left(6 \frac{\text{ps}}{\text{nm}} \cdot \text{km}\right) * (0,35 \text{ nm}) * (6,16 \text{ km})$$

$$= 12,9 \text{ ps}$$

$$\begin{aligned}
 t_{sistem} &= \sqrt{t_{TX}^2 + t_{intramodal}^2 + t_{intermodal}^2 + t_{RX}^2} \\
 &= \sqrt{(38)^2 + (12,9)^2 + (0)^2 + (38)^2} \\
 &= 55,27 \text{ ps}
 \end{aligned}$$

3. Jalur Pluit-Kota 2

a. untuk kabel dengan *wavelength* 1310 nm:

$$\begin{aligned}
 t_{intramodal} &= D \cdot \sigma \lambda \cdot L \\
 &= \left(0,093 \frac{\text{ps}}{\text{nm}} \cdot \text{km}\right) * (0,35 \text{ nm}) * (10,9 \text{ km}) \\
 &= 0,35 \text{ ps}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_{sistem} &= \sqrt{t_{TX}^2 + t_{intramodal}^2 + t_{intermodal}^2 + t_{RX}^2} \\
 &= \sqrt{(38)^2 + (0,35)^2 + (0)^2 + (38)^2} \\
 &= 53,74 \text{ ps}
 \end{aligned}$$

b. untuk kabel dengan *wavelength* 1550 nm:

$$\begin{aligned}
 t_{intramodal} &= D \cdot \sigma \lambda \cdot L \\
 &= \left(6 \frac{\text{ps}}{\text{nm}} \cdot \text{km}\right) * (0,35 \text{ nm}) * (10,9 \text{ km}) \\
 &= 22,89 \text{ ps}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_{sistem} &= \sqrt{t_{TX}^2 + [D \cdot \sigma \lambda \cdot L]^2 + t_{intermodal}^2 + t_{RX}^2} \\
 &= \sqrt{(38)^2 + (22,89)^2 + (0)^2 + (38)^2} \\
 &= 58,41 \text{ ps}
 \end{aligned}$$

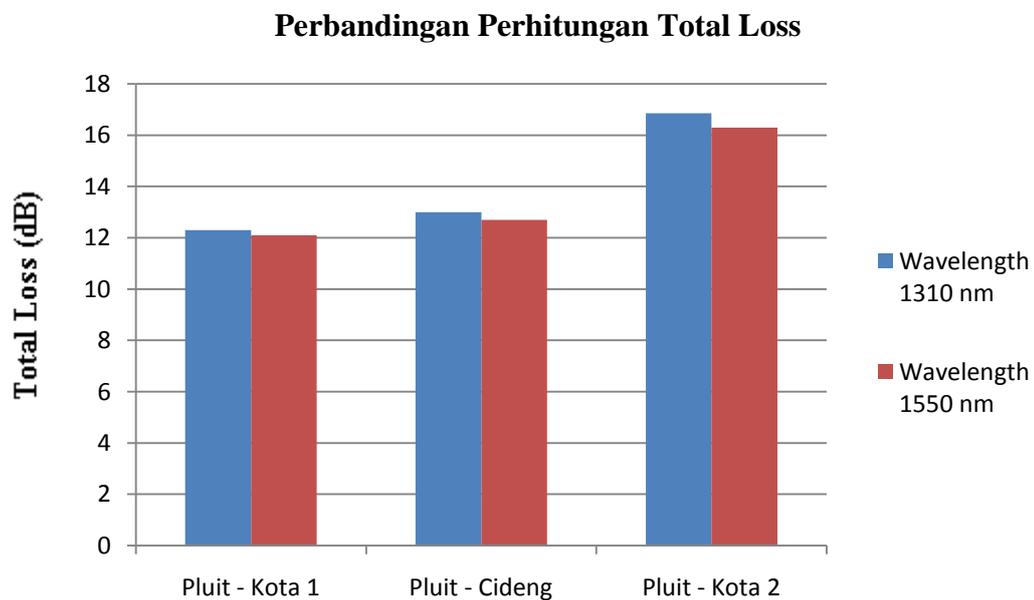
4.3. Analisa Perhitungan Power Link Budget

Hasil perhitungan power link budget yang dipaparkan pada sub-bab 4.1 akan dianalisa dengan membandingkan total redaman pada ketiga jalur dan daya pancar yang dapat digunakan.

Berikut ini rincian hasil perhitungan loss ketiga jalur, ditunjukkan pada tabel 4.11 dan gambar 4.1.

Tabel 4.11. Perbandingan Total Loss Hasil Perhitungan

Jalur	Wavelength 1310 nm	Wavelength 1550 nm
Pluit – Kota 1	12,3 dB	12,1 dB
Pluit - Cideng	13 dB	12,7 dB
Pluit – Kota 2	16,86 dB	16,3 dB



Gambar 4.1. Grafik Perbandingan Perhitungan Total Loss

Dari gambar 4.1 terlihat pada jalur Pluit – Kota 2 mempunyai total *loss* terbesar. Ini disebabkan dibandingkan dengan kedua jalur lainnya, Pluit – Kota 2

mempunyai jarak yang cukup jauh, yaitu 10,9 km dan membutuhkan splicing dan konektor lebih. Penambahan redaman pada setiap splicing dan konektor tersebut otomatis membuat total *loss* pada jalur Pluit-Kota 2 ini besar mencapai 16,86 dB.

Secara keseluruhan total *loss* pada setiap jalur lebih rendah menggunakan kabel *wavelength* 1550 nm. Selisih total *loss* antara menggunakan kabel *wavelength* 1310 nm dan 1550 nm pada jalur Pluit-Kota 2 yaitu 0,56 dB.

Perangkat PT. Telkom mempunyai sejumlah *module interface* yang dapat digunakan, pada penelitian ini perhitungan power link budget menggunakan dua *module interface* yaitu 10G BASE XFP, 1310 nm, jarak 10 km dan 10G BASE XFP, 1550 nm, jarak 40 km untuk melihat *interface* manakah yang sesuai untuk digunakan pada jalur yang terpilih.

Tabel 4.12. menunjukkan perbandingan daya pancar dan daya terima yang dapat digunakan. Indikasi “Memenuhi” menunjukkan nilai-nilai Tx/Rx yang masuk pada batas standar perangkat PT.Telkom. Dan indikasi “Tdk Memenuhi” menunjukkan nilai-nilai Tx/Rx yang diluar batas standar perangkat PT.Telkom.

Tabel 4.12. Perbandingan Tx dan Rx

Jalur	10G BASE XFP, 1310 nm, jarak 10 km				10G BASE XFP, 1550 nm, jarak 40 km			
	Tx (-8,2 s/d 0,5)		Rx (-14,4 s/d 0,5)		Tx (-4,7 s/d 4)		Rx (-15,8 s/d -1)	
	Tx “Memenuhi”	Rx “Memenuhi”	Tx “Tdk Memenuhi”	Rx “Tdk Memenuhi”	Tx “Memeunhi”	Rx “Memenuhi”	TX “Tdk Memenuhi”	Rx “Tdk Memenuhi”
Pluit- Kota 1	-2 s/d 0,5	-14,3 s/d 0,5	-8 s/d -3	-20,3 s/d - 15,3	-3 s/d 4	-15,1 s/d - 8,1	-4	-16,1
Pluit- Cideng	-1 s/d 0,5	-14 s/d 0,5	-8 s/d -2	-21 s/d -15	-3 s/d 4	-15,7 s/d - 8,7	-4	-16,7
Pluit- Kota 2	-	-	-8 s/d 0,5	-24,86 s/d - 16,36	1 s/d 4	-15,3 /d - 12,3	-4 s/d 0	-20,3 s/d - 16,3

Dari tabel 4.12 terlihat bahwa :

1. Pada jalur Pluit-Kota 1 menggunakan XFP 10G BASE 1310 nm yang dapat digunakan setelah diakumulasi dengan redaman fiber optik yang terjadi adalah dari Tx -2 s/d 0,5 dBm menghasilkan Rx -14,3 s/d 0,5 dBm. Daya transmit selebihnya “Tdk memenuhi”, mengindikasikan tidak dapat digunakan.
2. Pada jalur Pluit-Kota 1 menggunakan XFP 10G BASE 1550 nm yang dapat digunakan setelah diakumulasi dengan redaman fiber optik yang terjadi adalah dari Tx -3 s/d 4 dBm menghasilkan Rx -15,1 s/d -8,1 dBm. Daya transmit selebihnya “Tdk memenuhi”, mengindikasikan tidak dapat digunakan.
3. Pada jalur Pluit-Cideng menggunakan XFP 10G BASE 1310 nm yang dapat digunakan setelah diakumulasi dengan redaman fiber optik yang terjadi adalah dari Tx -1 s/d 0,5 dBm menghasilkan Rx -14 s/d 0,5 dBm. Daya transmit selebihnya “Tdk memenuhi”, mengindikasikan tidak dapat digunakan.
4. Pada jalur Pluit-Cideng menggunakan XFP 10G BASE 1550 nm yang dapat digunakan setelah diakumulasi dengan redaman fiber optik, semua daya transmit “Tdk memenuhi” menunjukkan tidak bisa digunakan.
5. Pada jalur Pluit-Kota 2 menggunakan XFP 10G BASE 1310 nm yang dapat digunakan setelah diakumulasi dengan redaman fiber optik yang terjadi adalah dari Tx -1 s/d 0,5 dBm menghasilkan Rx -14 s/d 0,5 dBm. Daya transmit selebihnya “Tdk memenuhi”, mengindikasikan tidak dapat digunakan.

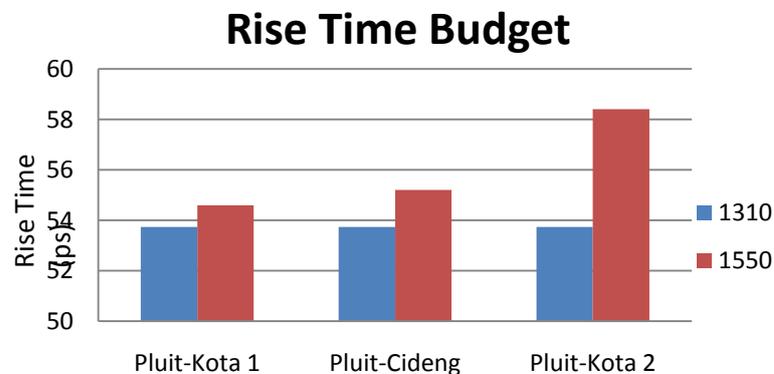
6. Pada jalur Pluit-Kota 2 menggunakan XFP 10G BASE 1550 nm yang dapat digunakan setelah diakumulasi dengan redaman fiber optik yang terjadi adalah dari Tx 1 s/d 4 dBm menghasilkan Rx -15,3 /d -12,3 dBm. Daya transmit selebihnya “Tidak memenuhi”, mengindikasikan tidak dapat digunakan.

4.4. Analisa Perhitungan Rise Time Budget

Hasil perhitungan rise time budget yang dipaparkan pada subbab 4.2 akan dianalisa dengan membandingkan t_{sistem} dan t_r . Rise time budget (t_{sistem}) harus kurang dari atau sama dengan rise time total sistem (t_r) agar sistem dapat berkerja dengan baik. Berikut ini rincian hasil perhitungan rise time budget, ditunjukkan pada tabel 4.13 dan gambar 4.2.

Tabel 4.13. Perbandingan hasil perhitungan Rise Time Budget

No.	Jalur	λ	t_{sistem}	t_r	Keterangan
1	Pluit – Kota 1	1310 nm	53,74 ps	70 ps	Layak
		1550 nm	54,60 ps	70 ps	Layak
2	Pluit - Cideng	1310 nm	53,74 ps	70 ps	Layak
		1550 nm	55,27 ps	70 ps	Layak
3	Pluit – Kota 2	1310 nm	53,74 ps	70 ps	Layak
		1550 nm	58,42 ps	70 ps	Layak



Gambar 4.2. Grafik Rise Time Budget

Grafik 4.2 merupakan grafik Rise Time Budget ketiga jalur. Pada perhitungan didapati bahwa rise time sistem untuk untuk 10 Gbps adalah sebesar 70 ps. Hal yang mempengaruhi besarnya *rise time budget* adalah total jarak transmisi dan juga dispersi *intramodal*. Semakin besar dispersi *intramodal* pada sistem, semakin besar pula nilai rise time budget yang akan didapat. Dapat dilihat pada tabel 4.13 nilai rise time budget (t_{sistem}) pada ketiga jalur dibawah batas rise time total sistem (t_r), menunjukkan ketiga jalur layak untuk digunakan.

Setelah peneliti melakukan analisis konfigurasi trunk metro ethernet, menelusuri jalur rute *routing*, serta analisa perhitungan power link budget dan rise time budget, peneliti dapat memilih jalur mana yang paling tepat untuk membangun *trunk* baru dari node Pluit yang terputus.

Secara teknis, yaitu melihat dari hasil power link budget, rise time budget dan hasil penelusuran rute *routing*, jalur yang terbaik untuk dibangunnya trunk terbaru adalah Pluit-Cideng.

Namun pada saat perancangan re-engineering, pemilihan jalur juga harus mempertimbangkan dari segi non-teknis, salah satunya yaitu kemudahan *maintenance*/pemeliharaan serat optik. *Preventive maintenance* adalah suatu kegiatan perawatan dan pencegahan yang dilakukan untuk mencegah timbulnya kerusakan perangkat. Perangkat akan mengalami nilai depresiasi (penurunan) apabila dipakai terus menerus. Oleh karena itu, dibutuhkannya inspeksi dan servis rutin maupun periodik.

Walaupun jalur Pluit- Cideng adalah yang terbaik dilihat dari segi teknis, para *engineer* di PT. Telkom STO Telkom Mangga Besar memutuskan untuk membangun trunk terbaru pada jalur Pluit-Kota 2 berdasarkan beberapa alasan:

1. Penanggung jawab node Cideng berada di wilayah lain. Sehingga bila ingin terjadi gangguan harus meminta tolong kepenanggung jawab wilayah tersebut.
2. Karena penanggung jawab node Cideng berada di wilayah lain, kegiatan *preventive maintenance* rutin juga akan lebih sulit karena harus meminta tolong kepenanggung jawab wilayah tersebut.
3. Kantor *Engineer* berada di Kota 2. Sehingga bila terjadi gangguan bisa cepat langsung ditangani.
4. Tidak semua node ada petugas *engineer*, termasuk Cideng dan Kota 1.
5. Perangkat pada Kota 1 tidak dapat meng-support sebab jenis perangkat ber-kapasitas dan ber-tipe lebih rendah dan terbatas. Sehingga *upgrading* perangkat butuh diperlukan.

Dilihat dari hasil analisa power link budget dan rise time budget, *module interface* yang terbaik untuk digunakan pada jalur Pluit-Kota 2 adalah 10G BASE XFP, 1550 nm dan untuk jarak 40km.

4.5. Hasil Pengukuran

Pengukuran dilakukan dengan mempergunakan alat Optical Power Meter (OPM). Pengukuran dilakukan pada jalur Pluit-Kota 2 menggunakan *module interface* 10G BASE XFP, 1550 nm, jarak 40km. Perbandingan perhitungan dan pengukuran total redaman dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14. Perbandingan perhitungan dan pengukuran redaman

Ptx (dBm)	Total Loss Perhitungan (dB)	P_{Rx} Perhitungan (dBm)	Total Loss Pengukuran (dB)	P_{Rx} Pengukuran (dBm)
-4	16,9	-20,3	9,02	-16,02
-3		-19,3		
-2		-18,3		
-1		-17,3		
0		-16,3		
1		-15,3		
2		-14,3		
3		-13,3		
4		-12,3		

Dari tabel diatas dapat kita lihat bahwa secara keseluruhan selisih antara loss hasil pengukuran dan loss hasil perhitungan cukup jauh yaitu 7 dB. Namun harus diingat bahwa perhitungan power link budget mencakup margin yang telah disesuaikan PT. Telkom, yaitu sebesar 8dB. Selain itu, redaman kabel, splicing dan konektor yang dihitung menggunakan standar yang telah ditentukan.