

Rancang Bangun Aplikasi Performa Jaringan Komunikasi *Fiber Optic* (FO) sebagai Salah Satu Media Transmisi *Node B* (NB) di Area Malang Berbasis Android

Ahmad Maulana Hakim¹⁾, Yoyok Heru P. I.²⁾, M Nanak Zakaria³⁾

^{1,2,3)}Program Studi Jaringan Telekomunikasi Digital, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang

Email: ¹⁾aim.hakim1@gmail.com

Abstrak

Fiber optic merupakan media transmisi dengan kemampuan transmisi dalam jumlah besar dan cepat. *Fiber optic* dipilih menjadi saluran *backbone* untuk kepentingan telekomunikasi, dalam hal ini penghubung antar *node b*. Karena fungsinya yang sangat penting maka dari segi performa jaringan perlu dilakukan pengawasan secara rutin. Maka dari itu, untuk mengetahui performa jaringan *fiber optic* diperlukan aplikasi performa jaringan komunikasi *fiber optic*. Performa yang dibahas dalam penelitian ini yaitu redaman total, *Optical Signal to Noise Ratio* (OSNR) dan *Bit Error Rate* (BER). Metode yang digunakan untuk mendapatkan nilai redaman disepanjang kabel dan redaman total yaitu dengan melakukan pengukuran jaringan *fiber optic* dengan *Optical Time Domain Reflectometer* (OTDR). Setelah melakukan pengukuran, maka data tersebut diproses untuk menghasilkan keluaran berupa performa jaringan yaitu nilai redaman total, OSNR dan BER. Hasil keakuratan dari kedua perbandingan tersebut ditunjukkan dengan prosentase tingkat *error*. Berdasarkan keseluruhan data yang diuji, didapatkan nilai 5.53% untuk perbandingan antara hasil teori dengan nilai hasil pengukuran dan mendapatkan nilai 5.10% untuk perbandingan antara nilai pengukuran dengan nilai perhitungan aplikasi. Kemudian hubungan antara redaman total dengan OSNR dan hubungan OSNR dengan BER merupakan hubungan yang berkebalikan.

Kata kunci: Redaman *fiber optic*, performa jaringan *fiber optic*, optical link budget.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Meningkatnya jumlah pengguna dan penggunaan aplikasi pada *smartphone* berdampak pada peningkatan kebutuhan *bandwidth* yang sangat besar. Sehingga teknologi E1 sudah tidak mampu memenuhi kebutuhan tersebut, oleh karena itu penggunaan media transmisi yang tepat untuk kondisi ini yaitu *fiber optic*.

Fiber optic merupakan media transmisi dengan kemampuan transmisi dalam jumlah besar dan cepat. *Fiber optic* dipilih menjadi saluran *backbone* untuk kepentingan telekomunikasi, dalam hal ini penghubung antar *node b*. Karena fungsinya yang sangat penting maka dari segi performa jaringan perlu dilakukan pengawasan secara rutin.

Penelitian sebelumnya melakukan pembuatan sebuah program untuk melakukan pengukuran dan analisis *loss* daya pada *fiber optic* menggunakan matlab (Anwar, dkk, 2015), masih tergolong dalam proses pengukuran berdasarkan simulasi sehingga belum bisa diimplementasikan secara riil di lapangan untuk membantu *engineer*. Sedangkan pada penelitian yang lain yaitu analisis redaman pada sistem komunikasi serat optik menggunakan metode *link budget* (Wadhana & Setijono, 2010), masih tergolong pada analisa dan perhitungan secara manual sehingga kurang cepat dalam proses perhitungan dan analisisnya.

Keterbatasan tersebut dapat diatasi dengan pembuatan aplikasi berbasis android, dimana android

merupakan *operatingsystem* (OS) yang umum digunakan oleh *smartphone*.

Maka dari itu, untuk mengetahui performa jaringan *fiber optic* diperlukan aplikasi performa jaringan komunikasi *fiber opticyang* berbasis Android untuk memudahkan pengguna dalam segi mobilitas yang sangat tinggi. Performa yang dibahas dalam penelitian ini yaitu redaman total, *Optical Signal to Noise Ratio* (OSNR) dan *Bit Error Rate* (BER).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang digunakan untuk pembuatan aplikasi performa jaringan komunikasi *fiber optic* adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mendesain dan membuat aplikasi android untuk mengetahui performa jaringan *fiber optic*?
2. Bagaimana perbandingan keakuratan hasil aplikasi dengan data hasil pengukuran secara riil?

1.3 Tujuan Penelitian

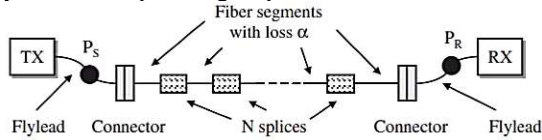
Tujuan penelitian mengenai pembuatan aplikasi performa jaringan komunikasi *fiber optic* adalah sebagai berikut:

1. Untuk mendefinisikan perencanaan dan pembuatan aplikasi android untuk mengetahui performa jaringan *fiber optic*.
2. Untuk membandingkan keakuratan hasil pengujian melalui aplikasi dengan data hasil pengukuran secara riil.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Optical Link Budget

Link power budget di jaringan komunikasi serat optik adalah alokasi daya optik yang tersedia (dari pemancar menuju penerima), loss yang dihasilkan oleh coupling loss, pelemahan kabel, splice loss, dan loss connector untuk memastikan bahwa kekuatan sinyal memadai pada bagian penerima.



Gambar 2.1 Loss model untuk jaringan point-to-point (Keiser, 2003, hal. 267)

Gambar 2.1 menunjukkan skema dari hubungan antara pemancar (Tx) dan penerima (Rx) yang terhubung dengan fiber optic serta konektor, dari jalur tersebut menunjukkan bahwa ada beberapa hal yang turut menyumbang nilai loss pada sebuah jalur yaitu jumlah konektor, jumlah splice dan panjang kabel yang digunakan (Keiser, 2003, hal. 267).

Setiap losses menggunakan satuan decibels (dB), seperti:

$$\text{loss} = 10 \log \frac{P_{out}}{P_{in}} \quad (2.1)$$

Dengan:

Loss = Rugi-rugi

Pin = Daya optik yang masuk pada sistem

Pout = Daya optik yang dihasilkan oleh sistem

Sehingga persamaan matematis untuk daya yang ditransmisikan pada saluran fiber optic, ditunjukkan pada persamaan (2.2).

$$P_t = P_s - P_r$$

$$\therefore P_t = (N \times \alpha_{splice}) + \alpha L + (2 \times \alpha_{con}) + M_\alpha + \text{Other loss} \quad (2.2)$$

Dengan:

Pt = Optical power transmit - loss

Ps = Optical power source

Pr = Optical power receive - minimum receiver sensitivity

N = Jumlah titik sambung (splice)

α_{splice} = Rugi-rugi sambungan

α_{con} = Rugi-rugi konektor

αL = Rugi-rugi panjang kabel

M_α = Sistem margin

2.2 OSNR

OSNR merupakan perbandingan dari daya sinyal yang dipancarkan dengan daya noise yang terjadi saat proses transmisi sinyal optik. Pada kondisi jaringan WDM long-haul (jaringan yang terbentang hingga ratusan kilometer) diperlukan pemasangan amplifier untuk meningkatkan daya sinyal, hal ini terjadi karena adanya nilai OSNR yang menyebabkan pelemahan daya sinyal (Antony & Gumaste, 2003, hal. 8). Jaringan long-haul dipastikan melewati banyak jalur, dimana tiap jalur memiliki nilai OSNR,

nilai OSNR tiap jalur ditunjukkan pada persamaan (2.3).

$$OSNR = \frac{P_{in}}{NFhf_o} \quad (2.3)$$

Dengan:

P_{in} = Daya masukan (W)

NF = Noise figure tiap jalur (dB)

h = Konstanta Planck ($6,6260 \times 10^{-34}$)

f = Frekuensi Optik (Hz)

B_o = Bandwidthoptical (Hz)

2.3 BER

BER merupakan rasio/tingkat error bit yang ditransmisikan dari pemancar menuju penerima. Sehingga, jika dalam proses transmisi memiliki nilai BER yang besar maka data yang ditransmisikan akan memiliki kemungkinan terjadinya perubahan data ketika ditransmisikan dan berdampak terjadinya kesalahan saat diubah menjadi data orisinal (Antony & Gumaste, 2003, hal. 7-8). Secara matematis ditunjukkan pada persamaan 2.4.

$$BER = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\frac{Q}{\sqrt{2}} \right) \quad (2.4)$$

Dengan:

Q = Faktor Q (dB)

Karena pada persamaan 2.4 terdapat nilai Q, maka selanjutnya untuk mendapatkan nilai Q bisa menggunakan persamaan 2.5.

$$Q_{dB} = OSNR + 10 \log \frac{B_o}{B_c} \quad (2.5)$$

Dengan:

B_o = Optical bandwidth (Hz)

B_c = Electrical bandwidth (Hz)

OSNR = Optica Signal to Noise Ratio (dB)

Untuk mendapatkan nilai B_o dan B_c dapat menggunakan persamaan 2.6 yang merujuk pada (Roychoudhuri, 2000, hal. 333).

$$B_c = 0.707 \times B_o \quad (2.6)$$

Dengan:

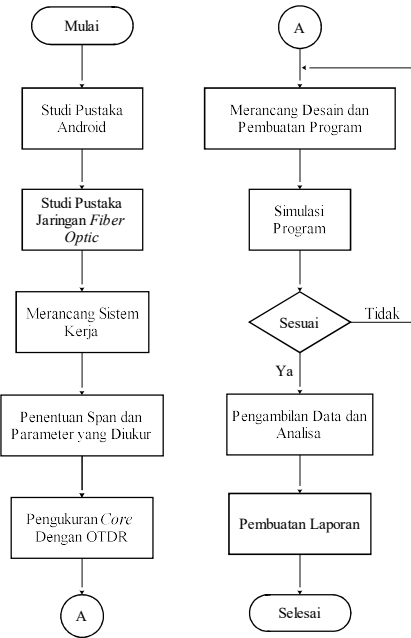
B_o = Optical bandwidth (Hz)

B_c = Electrical bandwidth (Hz)

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan dalam pembuatan aplikasi ditunjukkan dalam Gambar 3.1.



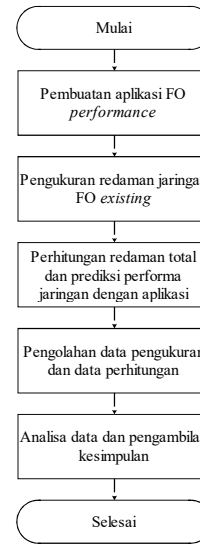
Gambar 3.1 Diagram alir tahapan penelitian

Penjelasan Gambar 3.1 adalah:

1. Tahap pertama yaitu studi pustaka android yang dijadikan sebagai pemilihan aplikasi akan digunakan.
2. Tahap kedua yaitu studi pustaka jaringan *fiber optic*.
3. Tahap ketiga yaitu merancang sistem kerja untuk merencanakan alur pekerjaan yang akan dilalui.
4. Tahap keempat yaitu penentuan jalur dan parameter yang diukur.
5. Tahap kelima yaitu melakukan pengukuran core dengan instrument berupa OTDR.
6. Tahap keenam yaitu perancangan desain aplikasi dan pembuatan program aplikasi berbasis android.
7. Tahap ketujuh yaitu dilakukan simulasi program.
8. Tahap kedelapan yaitu mengamati dan menganalisa hasil simulasi.
9. Tahap kesembilan yaitu pengambilan data dan analisa hasil pengujian dari aplikasi yang telah dibuat.
10. Tahap terakhir yaitu pembuatan laporan dan penarikan kesimpulan dari aplikasi yang telah dibuat.

3.2 Perencanaan Sistem Keseluruhan

Blok diagram rancangan sistem keseluruhan yang dibuat ditunjukkan dalam Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Blok diagram rancangan sistem keseluruhan

Penjelasan Gambar 3.3 adalah:

1. Tahap pertama pembuatan aplikasi FO *performance*.
2. Tahap kedua pengukuran redaman jaringan FO *existing*.
3. Tahap ketiga perhitungan redaman total dan prediksi performa jaringan dengan aplikasi.
4. Tahap keempat pengolahan data pengukuran dan data perhitungan.
5. Tahap kelima analisa data dan pengambilan keputusan.

3.3 Perhitungan Hasil Eksperimen

Perhitungan hasil eksperimen merupakan kumpulan persamaan matematis yang digunakan untuk mengolah data primer setelah didapatkan dari kegiatan eksperimen.

Untuk perhitungan redaman total menggunakan persamaan 3.1

$$A = (Ns \times \alpha_{splice}) + (\alpha_{long} \times L) + (Nc \times \alpha_{con}) + \text{Other loss} \quad (3.1)$$

Dengan:

- A = Redaman total
- Ns = Jumlah titik sambung (*splice*)
- Nc = Jumlah penggunaan konektor
- α_{splice} = Rugi-rugi sambungan
- α_{con} = Rugi-rugi konektor
- α_{long} = Rugi-rugi panjang kabel

Untuk perhitungan OSNR menggunakan persamaan 3.2

$$OSNR_{dB} = 301.787 + P_{in,dBm} - NF - 10 \log(f) - 100.96 \quad (3.2)$$

Dengan:

- OSNR = *Optical Signal to Noise Ratio* (dB)
- $P_{in,dBm}$ = Daya masukan (dBm)
- NF = *Noise figure* tiap jalur (dB)
- f = Frekuensi optik (Hz)

Untuk perhitungan BER perlu menggunakan beberapa persamaan karena nilai yang didapatkan tidak bisa instan. Langkah awal yang harus dihitung adalah nilai B_c dengan persamaan 3.3, selanjutnya menghitung nilai Q_{dB} dengan persamaan 3.4., kemudian menghitung nilai BER dengan persamaan 3.5.

$$B_c = 0.707 \times B_o \quad (3.3)$$

$$Q_{dB} = OSNR + 10 \log \frac{B_o}{B_c} \quad (3.4)$$

$$BER = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\frac{Q}{\sqrt{2}} \right) \quad (3.5)$$

Dengan:

BER = Bit Error Rate

B_o = Optical bandwidth (Hz)

B_c = Electrical bandwidth (Hz)

Q_{dB} = Faktor Q (dB)

OSNR = Optica Signal to Noise Ratio (dB)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Aplikasi

Hasil pengujian aplikasi performa jaringan komunikasi *fiber optic* menampilkan *screenshot* dari desain halaman secara keseluruhan yang sudah dibangun didalam sebuah aplikasi “FO Performance”. Berikut beberapa tampilan dari aplikasi yang dibuat.



Gambar 4.1 Beberapa tampilan halaman aplikasi

Gambar 4.1 merupakan contoh beberapa tampilan dari aplikasi yang sudah dibuat. Mulai dari sebelah kiri merupakan halaman *splash screen*, halaman utama, dan halaman primary data.

4.2 Keakuratan Hasil Pengukuran dengan Teori

Nilai keakuratan antara hasil pengukuran dengan teori ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Keakuratan hasil pengukuran dengan teori

No	Jalur	Core ID	Loss Total (dB)		Tingkat Error (%)
			Pengukuran	Teori	
1	HUT MALANG - SAWOJAJAR	15	2.014	1.89064	6.13
2	HUT MALANG - SAWOJAJAR	20	1.807	1.88866	4.52
3	HUT MALANG - SAWOJAJAR	21	1.783	1.88858	5.92
4	HUT MALANG - SAWOJAJAR	22	1.869	1.88864	1.05
5	HUT MALANG - SAWOJAJAR	24	1.783	1.88858	5.92
6	HUT MALANG - TULUSREJO	19	2.948	3.31998	12.62
7	HUT MALANG - TULUSREJO	26	2.283	2.63798	15.55
8	HUT MALANG - TULUSREJO	27	7.055	6.60242	6.42
9	HUT MALANG - TULUSREJO	36	6.219	6.1675	0.83
10	HUT MALANG - TULUSREJO	37	4.114	4.15094	0.90
11	KARANGPOLOSO - BATU	14	10.391	11.2097	7.88
12	KARANGPOLOSO - BATU	16	11.904	12.4668	4.73
13	KARANGPOLOSO - BATU	21	8.460	8.42488	0.42
14	KARANGPOLOSO - BATU	22	7.775	7.27248	6.46
15	KARANGPOLOSO - BATU	23	8.891	9.32838	4.92
16	KARANGPOLOSO - BLIMBING	13	14.509	13.8467	4.56
17	KARANGPOLOSO - BLIMBING	15	11.347	10.28902	9.32
18	KARANGPOLOSO - BLIMBING	16	10.579	9.65792	8.71
19	KARANGPOLOSO - BLIMBING	17	11.662	11.63122	0.26
Rata - rata					5.53

Keakuratan hasil pengukuran dengan teori menunjukkan bahwa nilai rata-rata tingkat error yang didapatkan sebesar 5.53%. Nilai tersebut didapatkan dari perbandingan data hasil pengukuran dengan data perhitungan berdasarkan teori. Kemudian setelah dibandingkan nilainya dimutlakan yang selanjutnya dibandingkan dengan teori. Berdasarkan data yang dibandingkan di dalam tabel dapat dilihat bahwa terdapat beberapa dua kondisi. Kondisi pertama yaitu nilai yang didapatkan dari kegiatan pengukuran memiliki nilai redaman yang lebih besar dari nilai redaman yang didapatkan berdasarkan perhitungan, sedangkan kondisi yang lain yaitu nilai redaman yang didapatkan berdasarkan perhitungan lebih besar dari nilai redaman yang didapatkan dari kegiatan pengukuran.

4.3 Keakuratan Hasil Pengukuran dengan Aplikasi

Nilai keakuratan antara hasil pengukuran dengan aplikasi ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Keakuratan hasil pengukuran dengan aplikasi

No	Jalur	Core ID	Loss Total (dB)		Tingkat Error (%)
			Pengukuran	Aplikasi	
1	HUT MALANG - SAWOJAJAR	15	2.014	1.89	6.13
2	HUT MALANG - SAWOJAJAR	20	1.807	1.89	4.52
3	HUT MALANG - SAWOJAJAR	21	1.783	1.89	5.92
4	HUT MALANG - SAWOJAJAR	22	1.869	1.89	1.05
5	HUT MALANG - SAWOJAJAR	24	1.783	1.89	5.92
6	HUT MALANG - TULUSREJO	19	2.948	3.22	9.19
7	HUT MALANG - TULUSREJO	26	2.283	2.64	15.58
8	HUT MALANG - TULUSREJO	27	7.055	6.60	6.42
9	HUT MALANG - TULUSREJO	36	6.219	6.17	0.83
10	HUT MALANG - TULUSREJO	37	4.114	4.15	0.90
11	KARANGPOLOSO - BATU	14	10.391	10.57	1.69
12	KARANGPOLOSO - BATU	16	11.904	11.99	0.76
13	KARANGPOLOSO - BATU	21	8.460	8.00	5.45
14	KARANGPOLOSO - BATU	22	7.775	7.15	8.07
15	KARANGPOLOSO - BATU	23	8.891	8.83	0.74
16	KARANGPOLOSO - BLIMBING	13	14.509	13.90	4.23
17	KARANGPOLOSO - BLIMBING	15	11.347	10.49	7.53
18	KARANGPOLOSO - BLIMBING	16	10.579	9.72	8.08
19	KARANGPOLOSO - BLIMBING	17	11.662	11.22	3.81
Rata - rata					5.10

Berdasarkan pengujian keakuratan hasil pengukuran dengan hasil aplikasi terdapat beberapa *core* yang nilai *error* melebihi batas yang ditentukan seperti pada *core* 26 jalur HUT Malang – Tulusrejo sebesar 15.58%, setelah diamati ternyata tingkat error sebesar itu dikarenakan pada pengukuran bernilai

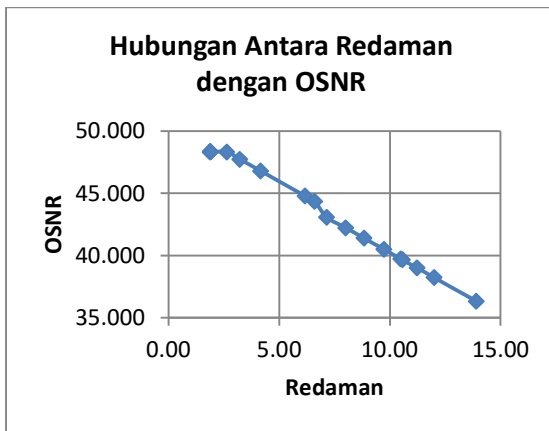
0.357 lebih kecil daripada nilai perhitungan aplikasi sehingga *core* tersebut memiliki kualitas yang baik. Maka pengamatan data tetap harus memperhatikan perbandingan antara kedua kondisi tersebut. Jika terdapat sebuah *core* dengan nilai *error* yang relatif besar maka lakukan pengamatan mengenai nilai mana yang lebih besar antara nilai hasil pengukuran dengan nilai hasil perhitungan aplikasi. Nilai rata-rata tingkat *error* yang didapatkan dari hasil pengujian ini sebesar 5.10%.

4.4 Hubungan Redaman, OSNR dan BER

Hubungan antara redaman dengan OSNR, untuk hubungan antara OSNR dengan BER ditunjukkan dalam tabel dan grafik yang ditunjukkan sebagai berikut.

Tabel 4.3 *Sorting* data rekap redaman, OSNR dan BER

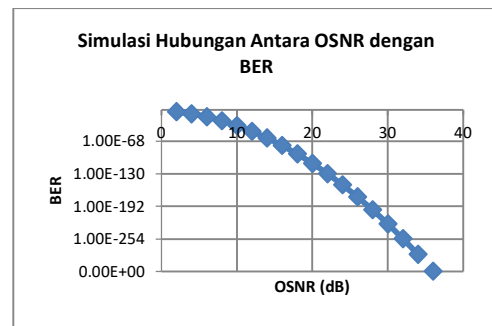
No	Jalur	Core ID	L Perhitungan (dB)	P input (dB)	λ (nm)	OSNR (dB)	BER
1	HUT MALANG - SAWOAJAJAR	21	1.89	-7	1310	48.338	0
2	HUT MALANG - SAWOAJAJAR	24	1.89	-7	1310	48.338	0
3	HUT MALANG - SAWOAJAJAR	22	1.89	-7	1310	48.338	0
4	HUT MALANG - SAWOAJAJAR	20	1.89	-7	1310	48.338	0
5	HUT MALANG - SAWOAJAJAR	15	1.89	-7	1310	48.336	0
6	HUT MALANG - TULUSREJO	26	2.64	-7	1550	48.318	0
7	HUT MALANG - TULUSREJO	19	3.22	-7	1550	47.738	0
8	HUT MALANG - TULUSREJO	37	4.15	-7	1550	46.806	0
9	HUT MALANG - TULUSREJO	36	6.17	-7	1550	44.789	0
10	HUT MALANG - TULUSREJO	27	6.60	-7	1550	44.355	0
11	KARANGPOLOSO - BATU	22	7.15	-7	1310	43.079	0
12	KARANGPOLOSO - BATU	21	8.00	-7	1310	42.227	0
13	KARANGPOLOSO - BATU	23	8.83	-7	1310	41.401	0
14	KARANGPOLOSO - BLIMBING	16	9.72	-7	1310	40.502	0
15	KARANGPOLOSO - BLIMBING	15	10.49	-7	1310	39.733	0
16	KARANGPOLOSO - BATU	14	10.57	-7	1310	39.660	0
17	KARANGPOLOSO - BLIMBING	17	11.22	-7	1310	39.009	0
18	KARANGPOLOSO - BATU	16	11.99	-7	1310	38.232	0
19	KARANGPOLOSO - BLIMBING	13	13.90	-7	1310	36.331	0



Gambar 4.2 Grafik hubungan antara redaman dengan OSNR

Tabel 4.4 Simulasi data untuk hubungan antara OSNR dengan BER

No	Jalur	OSNR	BER
1	Contoh simulasi	2	0.000227614
2	Contoh simulasi	4	1.83742E-08
3	Contoh simulasi	6	3.05259E-14
4	Contoh simulasi	8	9.92525E-22
5	Contoh simulasi	10	6.1666E-31
6	Contoh simulasi	12	7.22618E-42
7	Contoh simulasi	14	1.58458E-54
8	Contoh simulasi	16	6.46914E-69
9	Contoh simulasi	18	4.90002E-85
10	Contoh simulasi	20	6.8689E-103
11	Contoh simulasi	22	1.7788E-122
12	Contoh simulasi	24	8.4978E-144
13	Contoh simulasi	26	7.4811E-167
14	Contoh simulasi	28	1.2126E-191
15	Contoh simulasi	30	3.6166E-218
16	Contoh simulasi	32	1.9835E-246
17	Contoh simulasi	34	1.9996E-276
18	Contoh simulasi	36	3.7037E-308
19	Contoh simulasi	38	0



Gambar 4.3 Grafik simulasi hubungan antara OSNR dengan BER

V. PENUTUP
5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan pembahasan aplikasi performa jaringan komunikasi *fiber optic* dapat diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Hasil keakuratan dari perbandingan antara hasil pengukuran dengan teori ditunjukkan dengan prosentase tingkat *error*, didapatkan nilai rata-rata tingkat *error* sebesar 5.53%.
2. Sedangkan hasil keakuratan dari perbandingan antara nilai pengukuran menggunakan OTDR dengan nilai perhitungan aplikasi ditunjukkan dengan prosentase tingkat *error*, didapatkan nilai rata-rata tingkat *error* sebesar 5.10%.
3. Berdasarkan data yang diuji menunjukkan adanya hubungan antara redaman dengan OSNR yaitu semakin tinggi nilai redaman maka menyebabkan turunnya nilai OSNR dan berlaku sebaliknya. Hal ini dibuktikan dengan nilai redaman sebesar 1.89 dB memiliki nilai OSNR sebesar 48.338 dB, sedangkan untuk nilai redaman sebesar 13.90 dB memiliki nilai OSNR sebesar 36.331 dB.
4. Berdasarkan data yang diuji juga hubungan antara OSNR dengan BER tidak begitu tampak karena nilai OSNR yang relatif tinggi sehingga menghasilkan BER bernilai 0. Sehingga berdasarkan data simulasi hubungan OSNR dan

BER menunjukkan adanya hubungan antara keduanya yaitu semakin tinggi nilai OSNR maka menyebabkan turunnya nilai BER. Hal ini dibuktikan dengan nilai OSNR sebesar 2 dB memiliki nilai BER sebesar 2.2×10^{-4} , sedangkan untuk nilai OSNR sebesar 38 dB memiliki nilai BER sebesar 0.

5.2 Saran

Saran untuk perbaikan dan pengembangan sistem yang sudah dibuat adalah:

1. Dapat dikembangkan lagi dengan menambahkan beberapa fitur baru seperti penambahan hasil keluaran berupa grafik sehingga dapat menyerupai OTDR secara praktis.
2. Penambahan parameter pada bagian masukan, proses analisa dan hasil pemrosesan agar data yang diolah menjadi lebih luas dan mencakup banyak hal terkait *fiber optic*
3. Proses memasukkan data masih dilakukan secara manual, maka kedepannya dapat dilakukan secara otomatis dengan melakukan *import file* dari hasil pengukuran OTDR.
4. Aplikasi dapat dikembangkan ke sistem operasi lain seperti IOS.

DAFTAR PUSTAKA

- Agrawal, G. P. (2002). *Fiber-Optic Communications System*, Third Edition. British: John Wiley & Sons, Inc.
- Antony, T., & Gumaste, A. (2003, 2 7). *DWDM Network Designs and Engineering Solutions*. Dipetik 2 7, 2017, dari ciscopress.com: <http://www.ciscopress.com/articles/printerfriendly/30886>
- Anwar, R., Rosmiati, M., & Zani, T. (2015). *Pembuatan Aplikasi Pengukuran Dan Analisis Loss Daya Fiber Optik Menggunakan Matlab*. Jurnal Tugas Akhir, Teknik Komputer, Universitas Telkom.
- Badriyah, T. (2007). *Lecturer Pens*. Dipetik Februari 4, 2017, dari Lecturer Pens Web site: <http://tessy.lecturer.pens.ac.id/kuliah/db2/klasifikasi.pdf>
- Bonaventura, G. (2010). *Optical Fibers, Cables and Systems*. Geneva: ITU-T Manual.
- Chomycz, B. (2009). *Planning Fiber Optics Networks*. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.
- GN Nettest. (2000). *Understanding OTDRs*, Part #33881 Rev. A. New York: GN Nettest.
- Hakim, A. M., & Rahman, M. I. (2016). *Instalasi dan Aplikasi Fiber Optic (FO) Sebagai Komunikasi Node B (NB) di Area Malang*. Malang: Politeknik Negeri Malang.
- Keiser, G. (2003). *Optical Communication Essentials*. New York: McGraw-Hill Book Co.
- Kothari, C. R. (2004). *Research Methodology Methods and Techniques* (Ssecond ed.). New Delhi: New Age International Publishers.

Meier, R. (2012). *Professional Android 4 Application Development*. Indianapolis: John Wiley & Sons Inc.

Roychoudhuri, C. (2000). *Fiber Optic Telecommunication*. Dalam N. Massa, *Fundamentals of Photonics* (hal. 333). Springfield: University of Connecticut.

Wadhana, E. K., & Setijono, H. (2010). *Analisa Redaman Serat Optik Terhadap Kinerja Sistem Komunikasi Serat Optik Menggunakan Metode Optical Link Power Budget*. Jurnal Skripsi, Jurusan Teknik Fisika, Institut Teknologi Sepuluh Noverber.