Analisis Simulasi *Hybrid Optical Access Network Integrating Fiber-to-the-Home and Radio-Over-Fiber Systems* dengan *Gigabit Passive Optical Network (GPON)*

Simulation Analysis of Hybrid Optical Access Network Integrating Fiber-to-the-Home and Radio-Over-Fiber Systems with Gigabit Passive Optical Network (GPON)

[1)] Ilham Bayu Prabowo, [2)]Akhmad Hambali, Ir., MT., [3)]Yoseph Gustommy Bisono, ST., MT.
Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro,
Universitas Telkom
[1)]ilhambayup@gmail.com, [2)]ahambali@telkomuniversity.ac.id, [3)]tommybisono@gmail.com

ABSTRAK

Dewasa ini, tuntutan laju data semakin tinggi tiap tahunnya. *Radio Over Fiber* (ROF) dan *Fiber to the Home* (FTTH) merupakan kandiat kuat dalam hal jaringan akses. Akan tetapi, tingginya biaya untuk membuat dua infrastuktur jaringan nirkabel dan karingan kabel membutuhkan suatu integrasi dua jaringan yang didistribusikan kedalam satu infrastuktur tunggal. *Hybrid Optical Access Network Integrating Fiber-to-the-Home and Radio-Over-Fiber System*, merupakan suatu solusi dari permasalahan tersebut karena didistribusikan pada satu infrastruktur. Pada penelitian ini akan menggunakan modulasi simultan dan transmisi dari sinyal ON-OFF-keying (OOK) broadband (BB) 1,25 Gb/s, dan sinyal OOK Radio Frequency (RF) 20-GHz, 622 Mb/s. Analisis yang akan dilakukan pada tugas akhir ini adalah nilai *Power Link Budget, Rise Time Budget, Signal to Noise Ratio* (SNR), *Bit Error Rate* (BER). Analisis yang dilakukan adalah dengan cara studi literatur terlebih dahulu selanjutnya dilakukan pengumpulan data pada kondisi lapangan yang sesungguhnya. Keluaran yang didapatkan yaitu terbukti bahwa jaringan yang telah terimplementasi ini telah layak dengan memenuhi standar jaringan yang ditetapkan oleh PT. Telkom dengan nilai BER yaitu sebesar 5.8672×10^{-34}, *Power Link Budget* bernilai – 19,563 ◆◆ *Rise Time Budget* bernilai 0,0202965 ◆◆SNR bernilai 32,2530 ◆◆ Tugas akhir ini juga diharapkan setelah penelitian dapat memberi rekomendasi untuk peningkatan kualitas jaringan pada *link* fiber optik di Indonesia.

Kata kunci: *PowerLink Budget*, *Rise Time Budget*, SNR, BER

ABSTRACT

Nowadays, the demands of higher data rate each year. Radio Over Fiber (ROF) and Fiber to the Home (FTTH) is a strong candidate in the access network. However, the high cost of network infrastructure to create two wireless and wired, a network requires an integration of two networks that are distributed into a single infrastructure. Optical Access Network Integrating Hybrid Fiber-to-the-Home and Radio-Over-Fiber System, a solution to these problems because it is distributed on a single infrastructure. This research will use simultaneous modulation and transmission of signals ON-OFF-keying (OOK) broadband (BB) 1.25 Gb / s and OOK signal of Radio Frequency (RF) 20-GHz, 622 Mb / s. The analysis will be done in this thesis is the value of Power Link Budget, Rise Time Budget, Signal to Noise Ratio (SNR), Bit Error Rate (BER). Analysis is conducted by means of a literature study further advance data collection on actual field conditions. Outputs obtained which proved that the networks have been implemented have been feasible to meet the standards set by the network of PT. Telkom with BER value that is equal to 5.8672×10^{-34}, Power Link Budget worth – 19,563 ◆◆ Rise Time Budget worth 0,0202965 ◆◆ SNR worth 32,2530 ◆◆ The final project is also expected after research can provide recommendations for improving the quality of the network on a fiber-optic link in Indonesia.

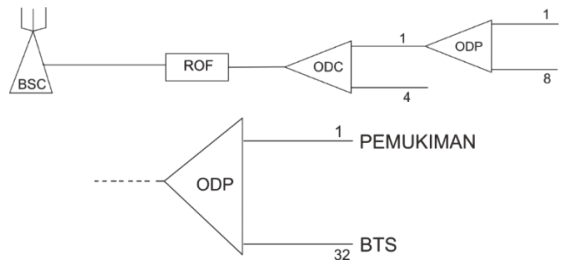
Key Words : *Link Power Budget*, *Rise Time Budget*, SNR, BER, *Power Penalty*

1. PENDAHULUAN

Layanan Triple Play *(Triple Play Services)* merupakan salah satu layanan yang sangat membantu masyarakat modern saat ini. Maka dari itu, dibutuhkan suatu jaringan yang dapat memenuhi kebutuhan tersebut, suatu jaringan yang andal, bandwidth yang lebih besar, performansi yang lebih baik, dan tingkat ketersediaan yang tinggi baik jaringan kabel maupun nirkabel.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Tomotada Kamisaka, Toshiaki Kuri, dan Ken-ichi Kitayama, *Radio Over Fiber* (ROF) dan *Fiber to the Home* (FTTH) adalah kandidat yang menjanjikan dalam jaringan nirkabel dan akses kabel. ROF akan mentransmisikan sinyal *Radio Frequency* (RF) sementara FTTH mentransmisikan sinyal *Broadband* (BB)[3]. *Hybrid Optical Access Network Integrating Fiber-to-the-Home and Radio-Over-Fiber Systems*, mengintegrasikan sistem FTTH dan ROF akan memakai satu infrastruktur dan didistribusikan secara tunggal, yang menjanjikan untuk jaringan akses di masa yang akan datang.

Pada tugas akhir ini akan dilakukan analisisa pengujian implementasi terhadap teknologi *Hybrid Optical Access Network Integrating Fiber-to-the-Home and Radio-Over-Fiber Systems*, dengan parameter uji berupa nilai *Link Power budget*, *Rise Time Budget*, *Signal to Noise Ratio* (SNR), BER (*Bit Error Rate*) dan *Power Penalty*. Standar BER sebesar 10^{-9} dB dan standar *Link Power Budget* adalah -28 dB.



Gambar 1 Model Sistem

2. Dasar Teori

2.1 *Fiber to the Home* (FTTH) [1]

FTTH merupakan sepenuhnya jaringan optik dari *provider* ke pemakai. *Multiplex* dari sinyal optik dibawa ke *splitter* dalam sebuah grup yang hampir mendekati pemakai. Terdapat *splitter* optik dengan perbandingan yang berbedabeda, tetapi umumnya menggunakan *ratio* 1:16. Artinya sinyal *multiplex* dibagi ke 16 rumah yang berbeda-beda. Sejak sinyal optik dikonversikan ke sinyal elektrik pada pemakai, *Optical Network Unit* (ONU) harus diinstalasi pada akhir jaringan. Karena ONU mahal, disarankan bahwa sebuah ONU dibagikan ke beberapa pemakai. ONU ekivalen dengan *interface* jaringan optik. Perkembangan ini berasal dari loop *laser*, solusi untuk menyalurkan video, dan topologi jaringan *passive*.

2.2 Radio Over Fiber

3G dan WiFi menuju antena. Dengan kata lain, sinyal radio diteruskan melalui kabel serat optik. Dengan demikian, satu antena dapat menerima dan semua sinyal radio melalui kabel serat tunggal untuk lokasi pusat di mana kemudian peralatan mengubah sinyal.

2.3 *Link Power Budget*

Link power budget dihitung sebagai syarat sehingga *level* daya yang diterima tidak kurang dari *level* daya minimum agar dapat dideteksi di penerima. Untuk menghitung *link power budget* bisa menggunakan rumus matematis seperti berikut:

$$\alpha_{total} = L.\alpha_{serat} + N_c.\alpha_c + N_s.\alpha_s + \alpha_{SP}$$

$$P_{rx} = P_{tx} - \alpha_{total} - SM$$

$$M = (P_{tx} - P_{rx}) - \alpha_{total} - SM$$

Margin daya disyaratkan harus memiliki nilai lebih dari 0 (nol), margin daya adalah daya yang masih tersisa dari power transmit setelah dikurangi dari *loss* selama proses pentransmisian, pengurangan dengan nilai *safety margin* dan pengurangan dengan nilai sensitifitas *receiver*[2].

2.4 *Rise Time Budget*

Rise time budget merupakan metode untuk menentukan batasan dispersi suatu *link* serat optik. Metode ini sangat berguna untuk menganalisa sistem transmisi digital. Tujuan dari metode ini adalah untuk menganalisa apakah unjuk kerja jaringan secara keseluruhan telah tercapai dan mampu memenuhi kapasitas kanal yang diinginkan. Umumnya degradasi total waktu transisi dari *link* digital tidak melebihi 70 persen dari satu periode bit NRZ *(Non-retum-to-zero)* atau 35 persen dari satu periode bit untuk data RZ *(return-to-zero).* Satu periode *bit* didefinisikan sebagai resiprokal dari *data rate*. *Rise Time budget* sistem ditunjukkan dengan persamaan[2]:

$$\Delta_{\phi} l \,.\, \phi_{\phi}$$

2 2 2

Radio Over Fiber adalah teknologi dimana cahaya dimodulasi oleh sinyal radio dan ditransmisikan melalui link fiber optik untuk memfasilitasi akses nirkabel, seperti

$\text{[illegible]}^2 = \text{[illegible]}^2 + \text{[illegible]} + \text{[illegible]} + \text{[illegible]}$

Rise Time Budget sistem dapat dirumuskan sebagai berikut :

$t_{sys} \leq \frac{0,7}{bit\ rate}$, untuk format modulasi NRZ

$t_{sys} \leq \frac{0,3}{bit\ rate}$, untuk format modulasi RZ

Catatan : 0,7 / *bit rate* = tr

0,35 / *bit rate* = tr

Agar sistem dapat melewatkan *bit rate* yang ditransmisikan maka : $t_{sys} \leq tr$.

2.5 *Signal to Noise Ratio (SNR)*

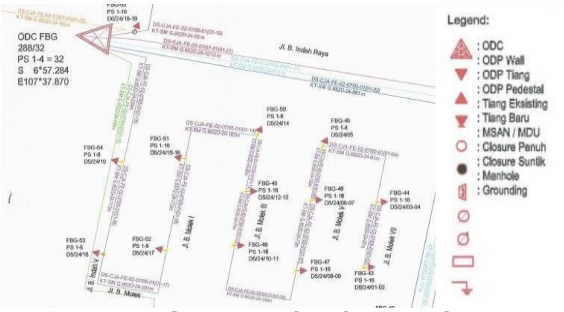
Signal to Noise Ratio (SNR) merupakan perbandingan daya sinyal terhadap daya *noise* pada satu titik yang sama. Semakin besar nilai SNR maka sistem akan menandakan sistem tersebut bekerja dengan baik.

2.6 *Bit Error Rate* (BER)

Bit Error Rate (BER) merupakan sejumlah bit digital bernilai tinggi pada jaringan transmisi yang ditafsirkan sebagai keadaan rendah atau sebaliknya, kemudian dibagi dengan sejumlah bit yang diterima atau dikirim atau diproses selama beberapa periode yang telah ditetapkan. Jumlah bit *error* (kesalahan bit) adalah jumlah bit yang diterima dari suatu aliran data melalui jalur komunikasi yang telah berubah karena gangguan derau (*noise*), interferensi, distorsi, atau kesalahan sinkronisasi bit[2].

3. Pembahasan

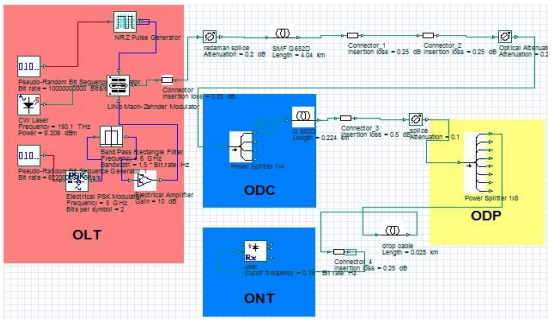
Penelitian ini diawali dengan pengumpulan data-data yang berkaitan dalam perancangan simulasi seperti data spesifikasi perangkat dan denah lokasi untuk dijadikan sampel penelitian. Hal tersebut dilakukan agar simulasi dalam penelitian ini sesuai dengan kondisi yang sebenarnya. Setelah semua data yang berkaitan didapatkan maka langkah selanjutnya dalam penelitian ini adalah mensimulasikan jaringan dengan *software*, dimana jaringan dirancang mulai dari pengirim hingga penerima dengan menggunakan peta yang didapatkan.



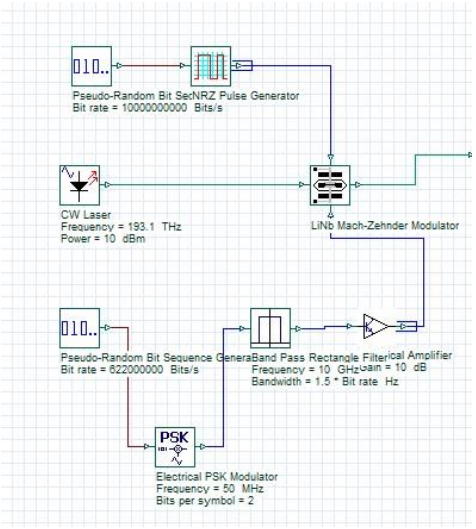
Gambar 2 Denah Lokasi Instalasi

Jaringan FTTH pada perumahan Batununggal di simulasikan dengan software. Simulasi dilakukan berdasarkan skema jaringan dan spesifikasi alat yang digunakan oleh PT. Telkom Indonesia.

Berikut adalah konfigurasi simulasi jaringan yang diujikan secara ringkas

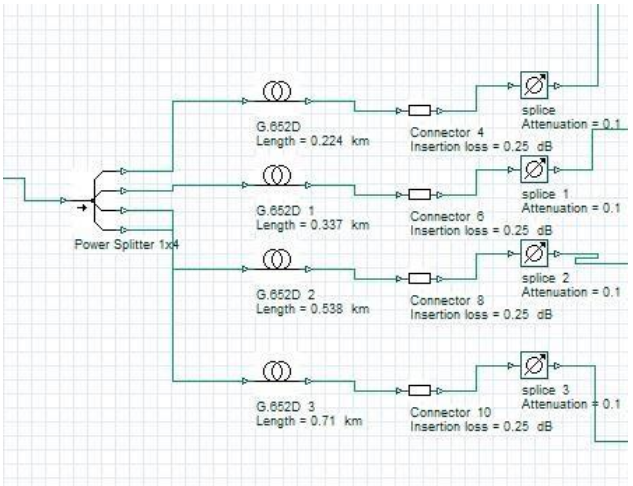


Gambar 3 Simulasi Jaringan Secara Ringkas



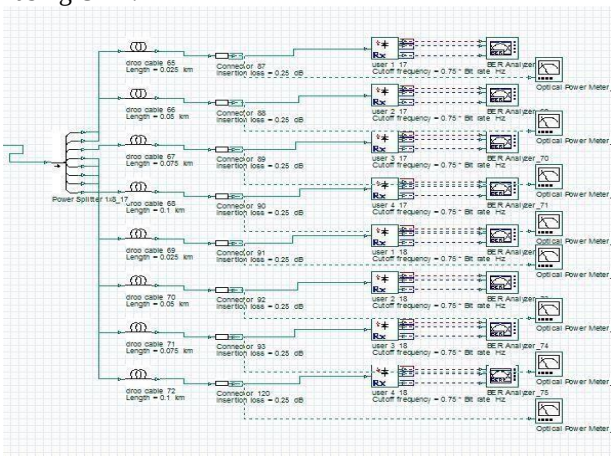
Gambar 4 Blok OLT

Pada blok OLT, terdapat beberapa *optical transmitter* dengan panjang gelombang 1550 nm, daya pancar yang di *setting* sebesar 10 dBm, *bitrate* maksimal untuk teknologi GPON sebesar 2.488 Gbps.



Gambar 5 Blok ODC

Pada blok ODC terdapat lima splitter 1:4 agar dapat terhubung dengan semua splitter yang ada di masing-masing ODP.



Gambar 6 Blok ODP ke Penerima

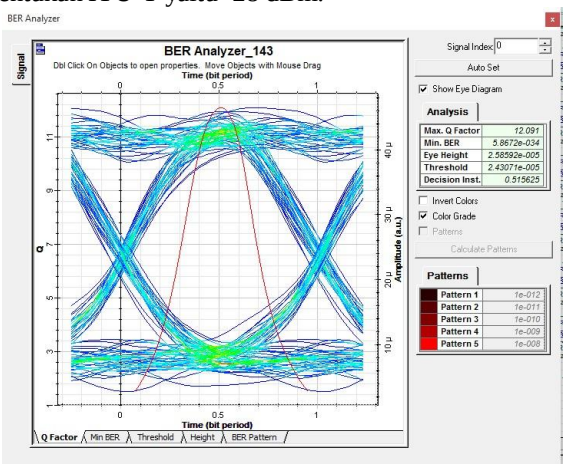
Pada Gambar 6 dapat dilihat splitter yang terdapat pada ODP terhubung dengan perangkat *receiver* yang ada di penerima. Pada gambar diatas akan dilihat sampel uji coba dari panjang fiber yang berbeda yaitu 25 m, 50 m, 75 m, dan 100 m. Dan pada simulasi akhir akan dilihat performansi dari jaringan yang telah disimulasikan dengan BER *analyzer* untuk dapat melihat BER dan *eye diagram.*

4. Kesimpulan

a. *Downstream*

Gambar 7 Daya Terima *Receiver Downstream*

Pada blok ONT terdapat *receiver* yang akan merubah sinyal optik menjadi sinyal elektrik sehingga dapat digunakan oleh pelanggan. Daya terima yang terukur pada *software* yaitu –26,404 dBm. Nilai daya -26,404 masih berada diatas nilai batas minimum yang ditentukan ITU-T yaitu -28 dBm.



Gambar 8 BER Analyzer Pada *Link Downstream*

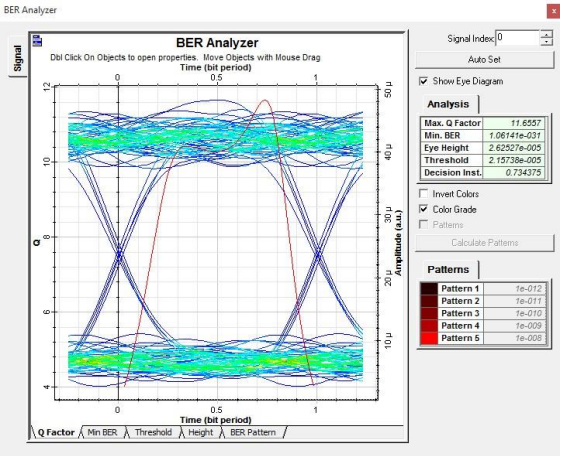
Berdasarkan hasil simulasi tersebut, didapatkan nilai BER sebesar 5.8672×10^{-34}. Nilai tersebut lebih kecil dari nilai BER standar yang ditentukan PT. Telkom yaitu 10^{-9}.

Performansi yang baik juga ditunjukkan oleh diagram mata yang dapat dilihat pada Gambar 8. *Eye diagram* menunjukkan perbedaan yang jelas antara informasi bit "1" dan bit "0. Tinggi diagram mata dapat menunjukkan pengaruh *noise* adalah kecil, dan lebar diagram mata dapat menunjukkan pengaruh *jitter* terhadap gelombang pun kecil. Maka dari itu, performansi sistem pada *link* optik ini dapat dikatakan sangat baik.

b. *Upstream*

Gambar 9 Daya terima *receiver upstream*

Daya terima yang terukur pada *software* di bagian Rx yaitu – 20,902 dBm seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut. . Nilai daya -20,902 masih berada diatas nilai batas minimum yang ditentukan ITU-T yaitu -28 dBm.



Gambar 10 BER Analyzer pada *Link Upstream*

Berdasarkan hasil simulasi tersebut, didapatkan nilai BER sebesar $1{,}6141 \times 10^{-31}$. Nilai tersebut lebih kecil dari nilai BER standar yang ditentukan PT. Telkom yaitu 10^{-9}.

Performansi yang baik juga ditunjukkan oleh diagram mata yang dapat dilihat pada Gambar 4.8 Diagram mata menunjukkan perbedaan yang jelas antara informasi bit "1" dan bit "0. Tinggi diagram mata dapat menunjukkan pengaruh *noise* adalah sangat kecil atau mendekati tidak ada, dan lebar diagram mata dapat menunjukkan pengaruh *jitter* terhadap gelombang pun kecil atau hampir tidak ada. Maka dari itu, performansi sistem pada *link* optik ini dapat dikatakan sangat baik.

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa *Hybrid Optical Network Access Intergrating Fiber to the Home and Radio Over Fiber System* dapat diimplementasikan pada sistem komunikasi serat optik yang telah digunakan oleh PT. Telkom Indonesia, khususnya pada STO Cijawurah pada distribusi FBG 43 sampai FBG54.

Daftar Pustaka

1. Kensuke Ikeda, Toshiaki Kuri, and Ken-ichi Kitayama. "Simultaneous Three-Band Modulation and Fiber-Optic Transmission of 2.5-Gb/s Baseband, Microwave-, and 60-GHz-Band Signals on a Single Wavelength". JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, VOL. 21, NO. 12, DECEMBER 2003.
2. Khrisna, Ram, R.K. Siddharta and Naveen Kumar. "Higher Capacity Passive Optical Network for FFTX Broadband Access Application". TEC New Delhi, DoT,Govt. India.
3. Chun-Ting Lin, Jason (Jyehong) Chen, Peng-Chun Peng, Cheng-Feng Peng, Wei-Ren Peng, Bi-Shiou Chiou, and Sien Chi. "Hybrid Optical Access Network Integrating Fiber-to-the-Home and Radio-Over-Fiber Systems". IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, VOL. 19, NO. 8, APRIL 15, 2007.
4. Tomotada Kamisaka, Toshiaki Kuri, and Ken-ichi Kitayama. "Simultaneous Modulation and Fiber-Optic Transmission of 10-Gb/s Baseband and 60-GHz-Band

Radio Signals on a Single Wavelength". IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES, VOL. 49, NO. 10, OCTOBER 2001.

5. Alejandro Martinez, Valentin Polo, and Javier Marti. "Simultaneous Baseband and RF Optical Modulation Scheme for Feeding Wireless and Wireline Heterogeneous Access Networks". IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES, VOL. 49, NO. 10, OCTOBER 2001.
6. Nathan J. Gomes, Paulo P. Monteiro, Atılio Gameiro. "NEXT GENERATION WIRELESS COMMUNICATIONS USING RADIO OVER FIBER". NEXT GENERATION WIRELESS COMMUNICATIONS USING RADIO OVER FIBER 2012.
7. Dwi Safitri. Rinna,"Tugas Akhir: Evaluasi Perancangan Jaringan FTTH (Fiber To The Home) Dengan Teknologi GPON (Gigabit Passive Optical Network) (Studi Kasus Plaza 1 Pondok Indah Jakarta Selatan)", Institut Teknologi Telkom, Bandung, 2011.
8. Al-Adawiyah, Rabiah. Evaluasi Perancangan Jaringan FTTH Dengan Teknologi GPON di Komplek Green Mansion Jakarta [Jurnal]. Institut Teknologi Telkom, Bandung, 2010.
9. Telkom Indonesia, "Materi FTTX: Implementasi FTTx", 2013.
10. ZTE Coorporation. "ZXA10 C300: Optical Access Covergence Equipment – Product Description", 2011.
11. ITU-T Recommendation L.79. "Optical fibre cable elements for microduct blowinginstallation application", 2008.
12. Srinath, S.,"Performance Analysis of 2.5 Gbps GPON", Vellore Institute Of Technology, Vellore, India, 2014.
13. Nainggolan, Bilpen. Parameter Kualifikasi Teknis Implementasi Teknologi GPON [Jurnal]. PT Telekomunikasi Indonesia, Bandung, 2009.
14. Laboratorium Sistem Komunikasi Serat Optik, "Modul Praktikum Sistem Komunikasi Serat Optik", Institut Teknologi Telkom, Bandung, 2013