

**PERANCANGAN DESAIN FIBER TO THE TOWER (FTTT) UNTUK
KOMUNIKASI BROADCAST SEBAGAI BACKHAUL JARINGAN
PARIZ VAN JAVA TV BANDUNG**

***DESIGN FIBER TO THE TOWER (FTTT) FOR BROADCAST COMMUNICATION
AS A NETWORK BACKHAUL OF PARIZ VAN JAVA TV BANDUNG***

Nurrochman Prabowo^[1]

Akhmad Hambali, Ir. MT.^[2]

Afief Dias Pambudi, ST. MT.^[3]

^{1,3}Fakultas Teknik Elektro Universitas Telkom Bandung

¹nurrochmanprabowo26@gmail.com

²hbl@ittelkom.ac.id

³afiefdiaspambudi@gmail.com

ABSTRAK

Perkembangan industri penyiaran di Indonesia telah berkembang dengan pesat yang diiringi oleh perkembangan sistem transmisi yang semakin handal. Sistem transmisi yang digunakan oleh Pariz Van Java TV (PJTV) adalah dengan menggunakan gelombang microwave point-to-point dari stasiun ke menara pemancar yang kemudian didistribusikan ke tv di rumah-rumah. Dengan jarak yang jauh, serta topologi daerah yang memiliki kontur yang tidak rata atau berbukit-bukit dan curah hujan tinggi bukan tidak mungkin sinyal microwave akan mengalami gangguan selama transmisi. Pada tugas akhir ini dirancang desain Fiber To The Tower (FTTT) yang digunakan untuk menghubungkan stasiun dengan tower pemancar yang ada di Komplek Stasiun Relay Panyandaan, Kab. Bandung Barat yang berjarak ± 17 km dengan menggunakan jaringan Metronet dari PT. Indonesia Comnets Plus (ICON+). Perancangan jaringan FTTT digunakan untuk menggantikan sistem transmisi microwave point-to-point dari stasiun ke menara pemancar dengan media transmisi fiber optic. Pada perancangan FTTT ini Studio PJTV dihubungkan ke Presence Of Point (POP) Cigereleng GI yang berjarak 8.64 km dan menara pemancar PJTV dihubungkan ke POP Cimahi Kota APJ yang berjarak 7.35km. Dari hasil pengukuran didapatkan hasil pada link studio PJTV ke POP Cigereleng GI yaitu Power Link Budget sebesar -8.6 dBm, Rise Time Budget sebesar 0.2567 ns, Signal to Noise Ratio sebesar 30.9 dB, serta Bit Error Rate sebesar 9.89×10^{-68} . Sedangkan pada link POP Cimahi Kota APJ ke menara pemancar memiliki keluaran Power Link Budget sebesar -11.506 dBm, Rise Time Budget sebesar 0.2567 ns, Signal to Noise Ratio sebesar 27.98 dB, dan Bit Error Rate sebesar 1.76×10^{-36} . Dari data keluaran yang dihasilkan, dapat disimpulkan bahwa link jaringan yang dirancang sudah memenuhi syarat kelayakan jaringan fiber optic.

Kata Kunci: FTTT, Studio TV, Menara Pemancar

ABSTRACT

The development of broadcasting industry has been grown shown by the number of national and paid television that increase significantly. This development also followed by the development of transmission system that become more stable. The existing transmission system of Pariz Van Java TV is point-to-point microwave transmission from studio to main transmitter tower. By the far distance, and geographic contour that crossing through the hills, the microwave signal can get disturbance during travel time. Moreover when rainy and bad weather can decrease the signal quality to tower transmitter and the distribution to customers. This problem then encourage PJTV to develop their transmission system to be better and reluctant to rainy and bad weather. In this final assignment, designed Fiber To The Tower (FTTT) network that used to connect PJTV's studio and main transmitter tower which is located in Panyandaan Relay Station Complex, West Bandung that separate ± 16 km through fiber optic by using existing Metronet network from Indonesia Comnets Plus (ICON+). This fiber optic network replace point-to-point microwave transmission from studio to transmitter tower. In this network design, PJTV's studio connected to the nearest Presence Of Point (POP) Cigereleng GI with a distance of 8.64 km and PJTV's transmitter tower connected to the POP Cimahi Kota APJ with the distance of 7.35 km. From the results obtained design output at PJTV studio to POP Cigereleng GI link with Power Link Budget value is -8.6 dBm, Rise Time Budget value is 0.2567 ns, Signal to Noise Ratio value is 30.9 dB, and the Bit Error Rate value is 9.89×10^{-68} . While the POP Cimahi Kota APJ to the transmitter tower link has the Power Link Budget -11.506 dBm, Rise Time Budget worth 0.2567 ns, Signal to Noise worth 27.98 dB, and the Bit Error Rate 1.76×10^{-36} . From the output result, it can be concluded that the network links design are eligible to the best standard of the fiber optic network.

Keyword: FTTT, TV studio, transmitter tower

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Penggunaan gelombang *microwave point-to-point* seperti pada sistem *Studio to Transmitter Link* dengan jarak tempuh yang cukup jauh yaitu sekitar 17 km dan dengan kondisi topologi geografis yang memiliki kontur daerah yang tidak rata dan melewati daerah perbukitan serta terdapat banyak *obstacle*, bukan tidak mungkin akan mempengaruhi kualitas sinyal yang rentan akan gangguan interferensi maupun *fading multipath* elektromagnetik selama perjalanan, terlebih lagi saat kondisi hujan. Menurut data dari BMKG Kota Bandung curah hujan di Kota Bandung terbilang cukup tinggi, yaitu sebesar 322,4 mm per tahun, sehingga saat turun hujan dan cuaca buruk menyebabkan kualitas sinyal yang sampai di menara pemancar kurang bagus dan distribusi secara *broadcast* ke pelanggan juga tidak maksimal. Oleh karena itu dibutuhkan sistem transmisi dengan media transmisi yang tahan terhadap interferensi gelombang dan mampu menjangkau jarak puluhan kilometer. Untuk mengatasi kasus diatas, maka model jaringan FTTH akan tepat apabila diaplikasikan untuk mengganti sistem transmisi *microwave point-to-point* di PJTV dibandingkan dengan menyewa *licence transponder satellite*.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan dalam penyusunan tugas akhir perancangan FTTH adalah

1. Penyusunan desain rancangan jaringan *fiber optic* di PJTV dan penentuan jalur eksisting jaringan *fiber optic* yang digunakan.
2. Penentuan perangkat yang digunakan dalam merancang jaringan FTTH dan perhitungan alokasi kebutuhan bandwidth.
3. Konfigurasi perancangan *fiber optic* di menara pemancar.
4. Perhitungan parameter dalam jaringan FTTH agar mendapat kualitas jaringan yang layak dan dapat di implementasikan.

1.3 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah merancang desain dan analisis jaringan FTTH dari studio PJTV hingga menara pemancar PJTV

1.4 Batasan Masalah

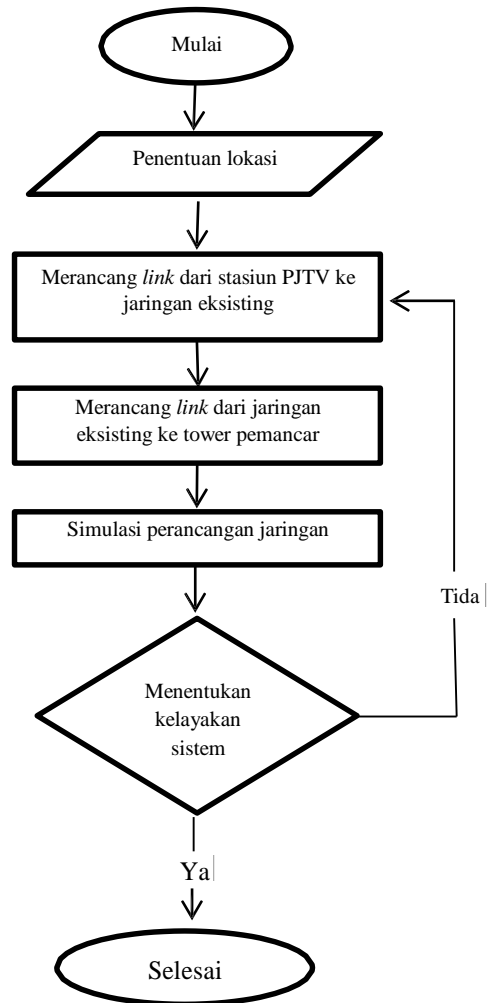
1. Pada perancangan FTTH ini menghubungkan antara studio PJTV ke menara pemancar PJTV
2. Perancangan jaringan FTTH membahas media transmisi *fiber optic* dari studio ke tower pemancar dengan menggunakan fiber optik *singlemode* sesuai dengan standar ITU-T G.652 dengan metode akses *aerial*.
3. Perancangan FTTH menggunakan jaringan eksisting ICON+ di Kota Bandung karena pihak PJTV dan PT Indonesia Comnets Plus telah menjalin kerjasama. ICON+ merupakan sub-kontraktor dalam perancangan jaringan *fiber optic* dengan router yang terdapat di hampir setiap kantor PLN Wilayah dan Gardu Induk (GI) PLN.

1.5 Metode Penelitian

Tahapan dan langkah-langkah yang ditempuh untuk menyelesaikan tugas akhir ini adalah

1. Metode Analisis
Melakukan survey, studi literature, dan analisis pengolahan sinyal di studio PJTV serta jaringan eksisting ICON+
2. Metode Perancangan
 - Menentukan posisi yang tepat untuk menempatkan perangkat dalam melakukan perancangan jaringan.
 - Melakukan survey untuk menentukan bandwidth yang dibutuhkan.
 - Merancang jaringan kemudian mengukur parameter-parameter yang dibutuhkan sebagai uji kelayakan dari jaringan.
3. Metode Simulasi
Melakukan simulasi dengan menggunakan aplikasi *optisystem 7.0* untuk menganalisa performansi jaringan sebelum perancangan tersebut diimplementasikan.

3. PEMODELAN SISTEM



Gambar 3.1 Diagram alur perancangan

3.1 Analisis Lokasi

Studio Pariz Van Java TV Bandung terletak di Jl. Terusan Jakarta No. 2 Bandung, dan berada pada posisi titik koordinat 6°54'50.09"S 107°38'41.15"E dan menara pemancarnya terletak di Komplek Stasiun Relay Panyandaan, Lembang, Kab. Bandung Barat dengan posisi titik koordinat 6°49'11"S 107°33'40"E. Antara studio dengan pemancar utama terpisah jarak ±16,75 km.



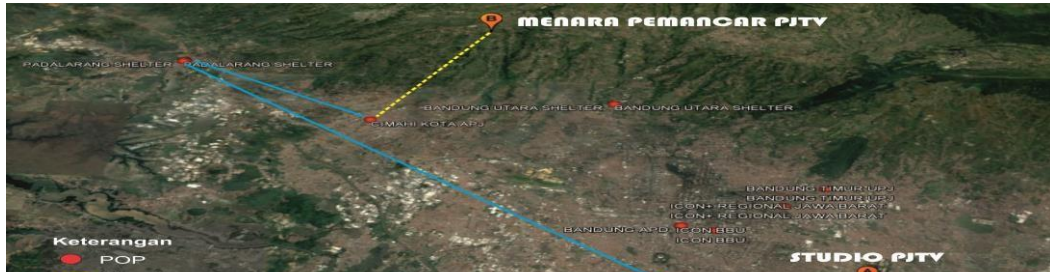
Gambar 3.1 Lokasi studio PJTV



Gambar 3.2 Lokasi pemancar utama PJTV

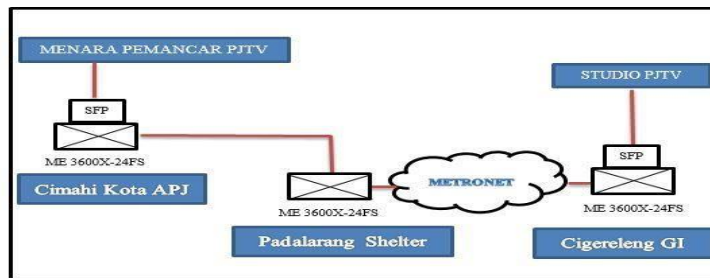
3.2 Perencanaan Jaringan

Setelah melaksanakan survey lokasi di kedua user yaitu studio PJTV dan menara pemancar PJTV, hal selanjutnya adalah merencanakan jaringan berdasarkan data jaringan eksisting. Adapun model atau skema perancangan jaringan *Fiber To The Tower* dari studio PJTV ke menara pemancar PJTV adalah seperti pada gambar 3.3 dibawah ini



Gambar 3.3 Skema perencanaan jaringan

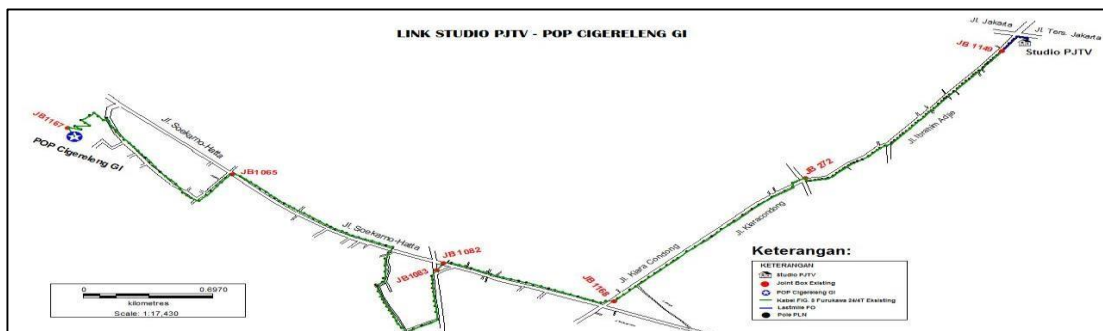
Berdasarkan gambar 3.3, jalur perancangan menggunakan POP aktif yang terdapat di dekat titik user. POP aktif terdekat dari Studio PJTV yaitu POP Cigereleng ACC dan POP terdekat dari menara pemancar PJTV yaitu Cimahi Kota APJ. Pemilihan POP tersebut didasarkan pada kondisi POP, jarak dari titik user dan ketersediaan perangkat aktif yang ada di dalam POP tersebut. Perangkat aktif tersebut antara lain perangkat distribusi yaitu PDH (Pleisynchronous Digital Hierarchy) untuk TDM (Time Division Multiplexing) dan Catalyst untuk jaringan IP (Internet Protocol). Untuk blok sistem jaringan perhatikan gambar 3.4 berikut ini



Gambar 3.4 Blok sistem jaringan

3.2.1 Link Studio PJTV – POP Cigereleng GI

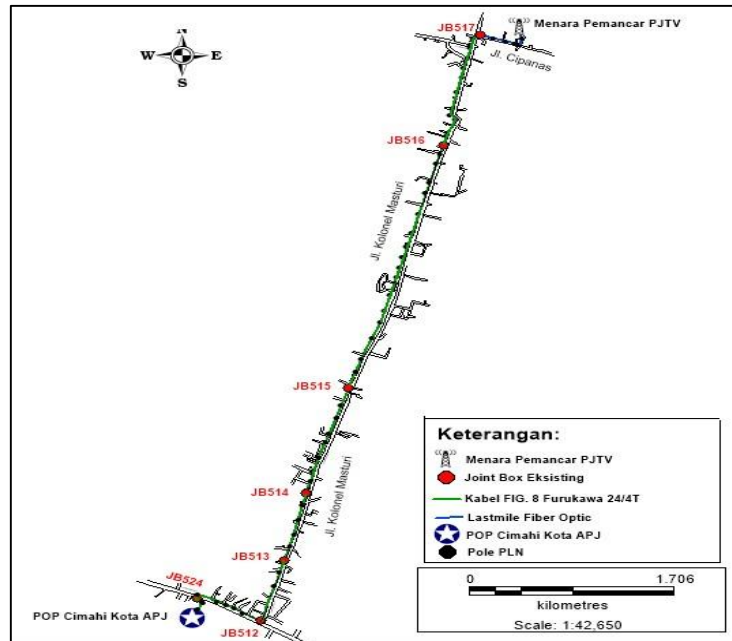
Pada perancangan link dari studio PJTV ke jaringan eksisting ICON+ adalah dengan cara melakukan penarikan satu core kabel fiber optic ADSS Short Span tipe G.652 sebagai jaringan lastmile dari studio PJTV ke joint box (JB) atau closure eksisting ICON+ terdekat dari studio kemudian diarahkan ke POP aktif terdekat yaitu POP Cigereleng GI. Joint Box terdekat yang digunakan adalah JB1149 yang memiliki kapasitas 24 core dengan metode akses *aerial*.



Gambar 3.5 Link dari studio PJTV ke POP Cigereleng GI

3.2.2 Link POP Cimahi Kota APJ – Menara Pemancar

Perancangan link dari jaringan eksisting ICON+ ke menara pemancar dilakukan dengan melakukan penarikan kabel ADSS Short Span dari JB517 yang terletak di Jl. Kolonel Masturi, Lembang, Bandung ke menara pemancar PJTV dengan POP terdekat yaitu POP Cimahi Kota APJ. Link dari POP Cimahi Kota APJ akan terhubung ke joint box terdekat dari menara pemancar yaitu JB517. Penarikan kabel fiber optic dilakukan dari JB517 ke menara pemancar PJTV sejauh 0.48 Km yang kemudian dikonfigurasi dengan perangkat yang ada di menara pemancar seperti UHF Transmitter.



Gambar 3.6 Link dari POP Cimahi Kota APJ ke menara pemancar

3.3 Kebutuhan Bandwidth

Untuk menentukan kebutuhan bandwidth, dilakukan dengan berdasarkan standarisasi PAL (Phase Alternating by Line). PAL merupakan standarisasi penyiaran yang digunakan di Indonesia. Selain PAL, penentuan bandwidth didasarkan pula pada jenis kompresi yang digunakan oleh PJTV yaitu MPEG2 (Moving Picture Expert Group) dengan standarisasi ITU-T H.262/ Berdasarkan standarisasi ITU-T H.262, sistem yang digunakan di PJTV adalah resolusi 720 x 576 dengan frame rate 25 sehingga sistem memiliki bit-rate 15 Mbps.

4. Hasil dan Analisis

4.1 Link Studio – POP Cigereleng GI

4.1.1 Link Power Budget

$$\begin{aligned}
 (\alpha_{total}) &= (L \times \alpha_{serat}) + (N_c \times \alpha_{konektor}) + (N_s \times \alpha_{splice}) \\
 &= (8.64 \times 0.2) + (4 \times 0.2) + (7 \times 0.01) \\
 &= 1.728 + 0.8 + 0.07 = 2.6 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Daya Terima (Prx)} &= P_{tx} - \alpha_{total} - SM \\
 &= 0 - 2.6 - 6 = -8.6 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

4.1.2 Rise Time Budget

Bit (Br) = 15 Mbps, dengan menggunakan pengkodean NRZ maka perhitungan RTB adalah sebagai berikut

$$tr = \frac{0.7}{Br} = \frac{0.7}{15 \times 10^6} = 4.67 \times 10^{-8} = 46.7 \text{ ns}$$

Kemudian menghitung t_{sistem} dengan perhitungan sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 t_{\text{material}} &= \Delta\sigma \times D_m \times L \\
 &= 1\text{ nm} \times 2\text{ ps/nm.km} \times 8.64\text{ km} \\
 &= 17.28\text{ ps} = 0.017\text{ ns} \\
 t_{\text{sistem}} &= \sqrt{t_{\text{material}}^2 + t_{\text{disp}}^2 + t_{\text{scat}}^2} \\
 &= \sqrt{0.017^2 + 0.16^2 + 0.2^2} \\
 &= \sqrt{2.89 \times 10^{-4} + 0.0256 + 0.04} \\
 &= \sqrt{0.0658} = 0.2567\text{ ns}
 \end{aligned}$$

4.1.3 Signal to Noise Ratio

- Daya sinyal
Diketahui:
Pr (SFP Cigereleng GI) = -8.6 dBm = -38.6 dB = 1.38×10^{-4}

$$P_{p-p} = 2 \times \frac{e^{re-1}}{re+1} \times P_r$$

$$= 2 \times \frac{e^{7.9-1}}{7.9+1} \times (1.38 \times 10^{-4})$$

$$= 2.14 \times 10^{-4}\text{ W}$$
 Daya sinyal (I_{p-p}) = $P_{p-p} \times R$
 = $(2.14 \times 10^{-4}) \times 0.7$
 = $1.498 \times 10^{-4}\text{ A}$

- Perhitungan Derau

$$I_N = \frac{2RS}{SNR} \times \frac{e^{re+1}}{re+1}$$
 Dimana:
 $R = 0.7\text{ A/W}$
 $re = 9\text{ dB} = 7.9x$
 $S = -28\text{ dBm} = 1.585 \times 10^{-6}$
 $SNR = 14.06$
 Sehingga:

$$I_N = \frac{2RS}{SNR} \times \frac{e^{re+1}}{re+1} = \frac{2 \times 0.7 \times 1.585 \times 10^{-6}}{14.06} \times \frac{e^{7.9+1}}{7.9+1}$$

$$= \frac{2.219 \times 10^{-6}}{14.06} \times \frac{6.9}{8.9} = (1.578 \times 10^{-7}) \times 0.775$$

$$= 1.22 \times 10^{-7}\text{ A}$$

Berdasarkan perhitungan daya sinyal dan derau, maka

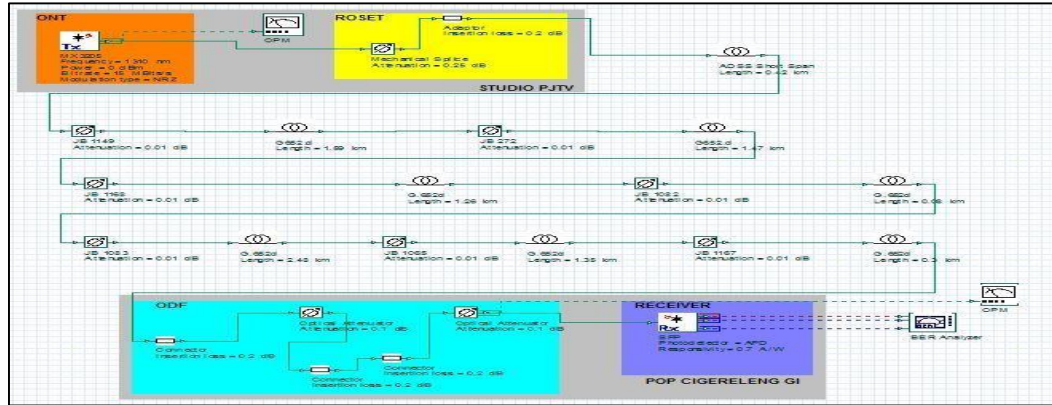
$$\begin{aligned}
 SNR &= \frac{I_{p-p}}{I_N} = \frac{P_{p-p} \times R}{I_N} \\
 &= \frac{1.498 \times 10^{-4}}{1.22 \times 10^{-7}} \\
 &= 1227.87 = 30.9\text{ dB}
 \end{aligned}$$

4.1.4 Bit Error Rate

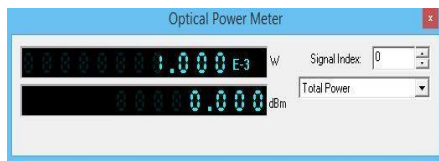
$$\begin{aligned}
 SNR &= 20 \log 2Q \\
 30.9 &= 20 \log 2Q \\
 1.54 &= \log 2Q \\
 2Q &= 34.7 \\
 Q &= 17.35 \\
 \text{Didapatkan } Q &\text{ sebesar } 17.35 \text{ sehingga} \\
 BER = P e(Q) &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \times \frac{e^{-\frac{Q^2}{2}}}{Q} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \times \frac{e^{-\frac{17.35^2}{2}}}{17.35} = 9.89 \times 10^{-68}
 \end{aligned}$$

4.1.5 Model dan Hasil Simulasi

Pada simulasi *link* dari studio PJTV ke POP Cigereleng GI ini menggunakan panjang gelombang 1310 nm. Menggunakan daya pancar transmitter yang ada pada ONT di studio PJTV dengan daya pancar sebesar 0 dBm dengan pengkodean NRZ dan *bit rate* 15 Mbps.



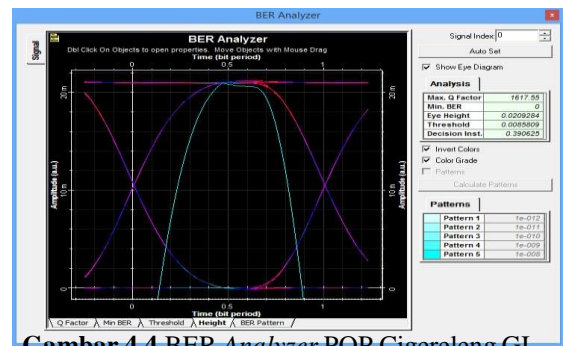
Gambar 4.1 Model simulasi link studio – POP Cigereleng GI



Gambar 4.2 Daya pancar ONT



Gambar 4.3 Daya terima receiver



Gambar 4.4 BER Analyzer POP Cigereleng GI

4.2 Link POP Cimahi Kota APJ – Menara Pemancar

4.2.1 Link Power Budget

$$\begin{aligned} \alpha_{total} &= (L \times \alpha_{serat}) + (N_c \times \alpha_{konektor}) + (N_s \times \alpha_{splice}) \\ &= (8.18 \times 0.2) + (4 \times 0.2) + (7 \times 0.01) \\ &= 1.636 + 0.8 + 0.07 \\ &= 2.506 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya terima (Prx)} &= P_{tx} - \alpha_{total} - SM \\ &= (-3) - 2.506 - 6 \\ &= -11.506 \text{ dBm} \end{aligned}$$

4.2.2 Rise Time Budget

$$\begin{aligned} t_{material} &= \Delta \sigma \times D_m \times L \\ &= 1 \text{ nm} \times 2 \text{ ps/nm.km} \times 8.18 \text{ km} \\ &= 16.36 \text{ ps} = 0.01636 \text{ ns} \\ t_{sistem} &= \sqrt{t_{material}^2 + t_{dispersion}^2 + t_{scattering}^2} \\ &= \sqrt{0.01636^2 + 0.16^2 + 0.2^2} \\ &= \sqrt{2.676 \times 10^{-4} + 0.0256 + 0.04} \\ &= \sqrt{0.0659} = 0.2567 \text{ ns} \end{aligned}$$

4.2.3 Signal to Noise Ratio

- Daya sinyal
Diketahui:
Pr (SFP Cimahi APJ) = -11.506 dBm = -41.506 dB = 7.07×10^{-5}

$$P_{p-p} = 2 \times \frac{F \cdot e^{-1}}{F + 1} \times P_r$$

$$= 2 \times \frac{7.9 - 1}{7.9 + 1} \times (7.07 \times 10^{-5})$$

$$= 1.096 \times 10^{-4} \text{ W}$$

Daya sinyal (I_{p-p}) = $P_{p-p} \times R$

$$= (1.096 \times 10^{-4}) \times 0.7$$

$$= 7.672 \times 10^{-5} \text{ A}$$

• Perhitungan Derau

$$I_N = \frac{2RS}{SNR} \times \frac{F \cdot e^{-1}}{F + 1}$$

Dimana:

$R = 0.7 \text{ A/W}$

$r = 9 \text{ dB} = 7.9 \times$

$S = -28 \text{ dBm} = 1.585 \times 10^{-6}$

$SNR = 14.06$

Sehingga:

$$I_N = \frac{2RS}{SNR} \times \frac{F \cdot e^{-1}}{F + 1} = \frac{2 \times 0.7 \times 1.585 \times 10^{-6}}{14.06} \times \frac{7.9 - 1}{7.9 + 1}$$

$$= \frac{2.219 \times 10^{-6}}{14.06} \times \frac{6.9}{8.9} = (1.578 \times 10^{-7}) \times 0.775$$

$$= 1.22 \times 10^{-7} \text{ A}$$

Berdasarkan perhitungan daya sinyal dan derau, maka

$$SNR = \frac{I_{p-p}}{I_N} = \frac{7.672 \times 10^{-5}}{1.22 \times 10^{-7}}$$

$$= 628.85 = 27.98 \text{ dB}$$

4.2.4 Bit Error Rate

$SNR = 20 \log 2Q$

$27.98 = 20 \log 2Q$

$1.4 = \log 2Q$

$2Q = 25.12$

$Q = 12.56$

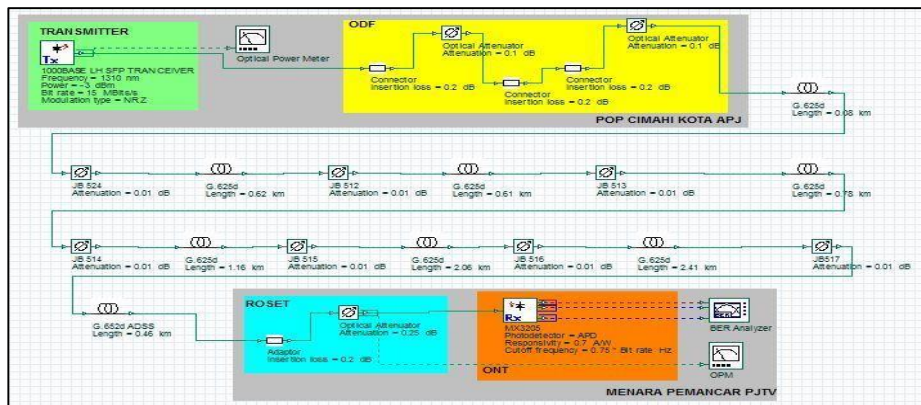
Didapatkan Q sebesar 12.56 sehingga

$$\frac{-Q^2}{-12.56^2}$$

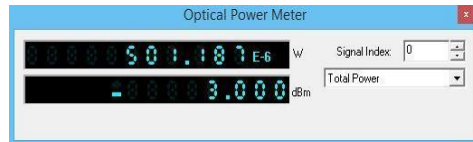
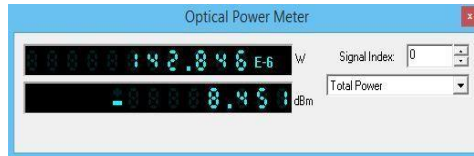
$$BER = P e(Q) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{e^{-Q^2}}{Q} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{e^{-156.64}}{12.56} = 1.76 \times 10^{-36}$$

4.2.5 Model dan Hasil Simulasi

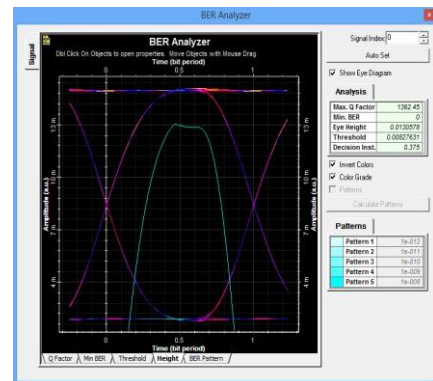
Simulasi *link* optik dari POP Cimahi Kota APJ ke menara pemancar menggunakan panjang gelombang 1310 nm. Daya pancar pada sumber optik sebesar -3 dBm dengan *Bit Rate* sebesar 15 Mbps dan pengkodean NRZ.



Gambar 4.5 Model simulasi link POP Cimahi Kota APJ – Menara Pemancar

Gambar 4.6 Daya pancar SFP *transceiver*

Gambar 4.7 Daya terima ONT menara



Gambar 4.8 BER Analyzer

5. Kesimpulan

1. Daya terima (Prx) pada *link* dari Studio PJTV ke POP Cigereleng GI sebesar -8.6 dBm dan daya terima (Prx) pada *link* dari POP Cimahi Kota APJ ke menara pemancar adalah sebesar -11.506 dBm. Sedangkan pada hasil simulasi, nilai daya terima sebesar -5.605 dBm pada *link* dari Studio PJTV ke POP Cigereleng GI dan -8.451 dBm pada *link* dari POP Cimahi Kota APJ. Nilai tersebut sudah memenuhi syarat *threshold* daya terima yaitu sebesar -28 dBm
2. Pada perhitungan *Rise Time Budget* didapatkan nilai t_{sistem} sebesar 0.2567 ns pada *link* dari Studio PJTV ke POP Cigereleng GI dan pada *link* dari POP Cimahi Kota APJ ke menara pemancar PJTV nilai t_{sistem} sebesar 0.2567. Sehingga kedua nilai t_{sistem} tersebut sudah memenuhi syarat kelayakan parameter *Rise Time Budget*.
3. Pada perhitungan *Signal to Noise Ratio* didapatkan nilai sebesar 30.9 dB untuk *link* dari Studio PJTV ke POP Cigereleng GI dan 27.98 dB untuk *link* dari POP Cimahi Kota APJ ke menara pemancar. Syarat nilai minimal dari SNR adalah sebesar 21.5 dB sehingga hasil perhitungan sudah memenuhi syarat parameter *Signal to Noise Ratio*.
4. *Bit Error Rate* pada *link* dari studio PJTV ke POP Cigereleng GI didapatkan hasil BER sebesar 9.98×10^{-68} dan pada *link* dari POP Cimahi Kota APJ didapatkan hasil BER sebesar 1.76×10^{-36} . Sedangkan pada hasil simulasi, pada *link* dari Studio PJTV ke POP Cigereleng GI dan *link* dari POP Cimahi Kota APJ didapatkan nilai BER mendekati 0. Hal ini menunjukkan bahwa performansi jaringan *fiber optic* hampir mendekati sempurna dan lebih besar dari syarat nilai minimal BER yaitu sebesar 10^{-9}

Daftar Pustaka

- [1] Ananto, Dwi. 2011. "Pemancar Televisi dan Peralatan Studio". Bandung: Alfabeta
- [2] Bob, C. (2009). Planning *Fiber optic* Networks. The McGraw-Hill Companies
- [3] Fathyah, Agnia (2014). Analisis Pengujian Implementasi Perangkat Fiber To The Home (FTTH) dengan Optisystem pada *Link* STO Ahmad Yani ke Apartemen Gateway. Bandung: Universitas Telkom
- [4] Hayes, Jim. "The FOA Reference Guide To *Fiber optic*".
- [5] ITU-T Recommendation H.262. 2000. "Generic coding of moving pictures and associated audio information: Video".
- [6] Karyada; Hantoro, Gunadi D. 2015. "*Fiber optic*. Teknologi, Material, Instalasi dan Implementasi". Bandung : Informatika
- [7] Keiser, Gerd. "Optical Fiber Communication", Mc Graw Hill Inc, 1991.
- [8] Keiser, Gerd. (2006). FTTX Concepts and Application. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.
- [9] PT. Indonesia Comnets Plus, <http://iconpln.co.id/?product/metronet.html>, diakses tanggal 2 Maret 2016.
- [10] Rahman, Andi. 2006. "Serat Optik". Yogyakarta : ANDI
- [11] Saydam, Gouzali. 2006. "Sistem Telekomunikasi di Indonesia". Bandung: Alfabeta.
- [12] Xiang Yang, Y. H. (2010). The Application of Optisystem in Optical Fiber Communication Experiments. China: University

