



Analisis Unjuk Kerja Rancangan Jaringan *Fiber To The Home Area Jakarta Garden City* dengan Metode *Eye-Diagram*

Dodi Zulherman¹, Fahrudin Rosanto², Fauza Khair³

^{1,2,3} Sekolah Tinggi Teknologi Telematika Telkom (ST3 Telkom) Purwokerto

^{1,2,3}Jalan D.I., Panjaitan No. 128 Purwokerto 53147

Email korespondensi: zulherman.dodi@st3telkom.ac.id

Dikirim 13 Mei 2017, Direvisi 2 Agustus 2017, Diterima 11 Agustus 2017

Abstrak – Dalam tulisan ini, kami merancang jaringan akses *fiber to the home* berbasis *gigabit passive optical network* (FTTH-GPON) pada area *Jakarta Garden City*. Pemodelan rancangan menggunakan *Google Earth* dan *OptiSystem*. Rancangan yang kami usulkan menggunakan kecepatan *downstream* 2,4 Gbps dan *upstream* 1,2 Gbps. Kami mengamati kesesuaian unjuk kerja rancangan terhadap standar FTTH-GPON yang dikeluarkan oleh ITU-T. Kami menggunakan metode perhitungan *link power budget* dan *rise time budget* dalam perancangan jaringan FTTH. Berdasarkan hasil pengamatan didapatkan *link budget* sebesar 22 dB dengan *margin* daya sebesar 3 dB, *rise time budget downstream* sebesar 0,27 ns, dan *rise stream upstream* sebesar 0,25 ns. Pengukuran unjuk kerja rancangan menggunakan metode *eye-diagram* yang menampilkan jitter, distorsi, *signal-to-noise ratio* (SNR), nilai *Q-factor*, dan nilai BER. Pengukuran unjuk kerja dengan menggunakan *power* masukan 5dBm dan panjang gelombang 1490 nm menghasilkan jitter sebesar 16,7 ps, distorsi sebesar 1,07µa.u., SNR sebesar 6,87, *Q-factor* sebesar 21,249, dan BER sebesar $1,9 \times 10^{-99}$. Berdasarkan hasil pengamatan dan analisis terhadap hasil tersebut, rancangan jaringan FTTH pada area *Jakarta Garden City* yang kami usulkan telah memenuhi standar ITU-T untuk penggunaan layanan internet kecepatan tinggi.

Kata kunci – FTTH, GPON, *link budget*, *rise time budget*, distorsi, jitter, *signal-to-noise ratio*, BER, *Q-factor*

Abstract - In this paper, we introduced a fiber to the home network access based on gigabit passive optical network (FTTH-GPON) in Jakarta Garden City Area. We proposed a design using Google Earth and OptiSystem. The proposed system used 2.4 Gbps bitrate for downstream and 1.2 Gbps bitrate for upstream. We looked for suitability of the proposed design with ITU-T FTTH-GPON standard. We used the link power budget and the rise time budget method to design the access network. Based on calculation, we got the value of link power budget equal to 22dB, the power margin equal to 3 dB, and the rise time budget equal to 0.27 ns for downstream and 0.25 ns for upstream. To analyze the system performance, we used eye-diagram method to get jitter, distortion, signal-to-noise ratio (SNR), Q-factor, and BER. Based on the experimental result with power 5 dBm and wavelength 1490 nm, we got the jitter 16.7 ps, the distortion 1.07µ a.u., the SNR 6.87, the Q-factor 21.249, and the BER 1.9×10^{-99} . The result reveal that in all cases, the Jakarta Garden City FTTH-GPON design met with ITU-T standard.

Keywords – FTTH, GPON, link budget, rise time budget, distortion, jitter, signal-to-noise ratio, BER, Q-factor

I. PENDAHULUAN

Teknologi informasi dan komunikasi berkembang dengan sangat pesat, jaringan akses kabel tembaga yang telah dibangun belum mampu memenuhi kebutuhan masyarakat dalam penyediaan akses internet yang cepat, praktis, dan mudah serta penyediaan layanan internet dengan sistem kompleks

[1-7]. Perkembangan teknologi yang semakin pesat membutuhkan media transmisi yang memiliki *bandwidth* besar dan kecepatan transmisi data tinggi agar kebutuhan akses internet dapat terpenuhi [8]. Kedua faktor tersebut mendorong peralihan media transmisi ke kabel fiber optik untuk menggantikan jaringan tembaga yang masih terbatas khususnya

dalam ketersediaan *bandwidth* [8]. Kesuksesan implementasi kabel serat optik pada jaringan *backhaul* mendorong penggunaan serat optik pada jaringan *last mile bottle neck*. Penggunaan serat optik pada jaringan pelanggan rumahan atau *Fiber To The Home* (FTTH) menawarkan peningkatan *bandwidth* dan kecepatan transmisi data yang sangat besar jika dibandingkan dengan jaringan akses kabel tembaga [9] sehingga mendorong pengembangan serat optik sebagai jaringan akses pelanggan termasuk di Indonesia [9] [10]. ITU-T menyediakan standar jaringan akses fiber optik berkecepatan tinggi yang dikenal dengan FTTH berteknologi *Gigabit Passive Optical Network* (GPON) [11]. Perancangan jaringan FTTH yang menggunakan teknologi *Gigabit Passive Optical Network* (GPON) menggunakan kecepatan 2,4 Gbps untuk *downstream* dan 1,2 Gbps untuk *upstream* sehingga dapat meningkatkan layanan *triple play* terhadap pelanggan [11].

Penelitian yang berkaitan dengan perancangan jaringan FTTH-GPON telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Sari [2], Wibowo [8], Pamungkas [10], dan Brilian [13] melakukan perancangan jaringan FTTH-GPON dengan menggunakan perhitungan *link power budget* dan *risetime budget*. Sari [2] melakukan perancangan jaringan akses *Fiber To The Home* (FTTH) dengan teknologi *Gigabit Passive Optical Network* (GPON) di wilayah Permata Buah Batu I dan II. Hasil penelitian menampilkan bahwa perancangan di wilayah Permata Buah Batu I dan II, dengan letak *Optical Line Terminal* (OLT) di central office Cijaura, 1 unit *Optical Distribution Cabinet* (ODC), 59 unit *Optical Distribution Point* (ODP) dengan 1.095 unit *Optical Network Terminal* (ONT), menghasilkan redaman dan performansi sistem yang baik. Hasil *power link budget* masih berada dibawah standar yang ditetapkan oleh PT. Telkom, yaitu sebesar -28 dBm [2]. Peneliti melakukan pengamatan pada parameter rancangan seperti *link power budget* dan *rise time budget* dan melakukan *forecasting* jumlah pelanggan hingga tahun 2021 [2]. Sedangkan Wibowo [2] melakukan perancangan jaringan FTTH-GPON pada perumahan Batununggal Regency Cluster Permai dan pengukuran unjuk kerja jaringan *link* optik dengan menggunakan aplikasi *OptiSystem*. Penelitian ini menganalisis kinerja jaringan FTTH STO Cijawura ke perumahan Batununggal Cluster Permai berdasarkan *Bit Error Rate* (BER), *Q Factor* dan *Receive Power*. Rancangan jaringan menggunakan perangkat GPON seperti satu buah ODC, 54 buah ODP dan 324 buah ONT dengan total pelanggan sebanyak 324 *user*. Pengujian menghasilkan nilai BER dan *Q-factor* yang telah memenuhi standar ITU-T [8].

Peneliti berikutnya melakukan rancangan pada area Perumahan Jingga yang melakukan konversi jaringan kabel tembaga dari MSAN menjadi jaringan fiber optik untuk mendukung layanan *triple-play*. Penelitian tersebut merancang jaringan akses *Fiber To The Home* (FTTH) dengan teknologi *Gigabit Passive*

Optical Network (GPON). Rancangan FTTH-GPON disimulasikan dengan menggunakan *OptiSystem* dan dianalisis berdasarkan parameter *receive power* yang memenuhi standar PT. Telkom. Hasil pengujian *receive power* pada perangkat ONT pelanggan terjauh sebesar -23 dBm. Pengamatan terhadap *receive power* menjadi dasar pengambilan simpulan bahwa rancangan yang dilakukan memenuhi standar PT. Telkom untuk layanan jaringan akses serat optik [10].

Selain penelitian di atas, terdapat beberapa penelitian yang menggunakan metode *eye-diagram* untuk pengukuran unjuk kerja rancangan FTTH. Rajarajan [9] menggunakan metode *eye-diagram* untuk menganalisis rancangan FTTH berbasis OCDMA dan Elrashidi [12] menggunakan metode *eye-diagram* pada rancangan WDM-PON FTTH. Rajarajan menggunakan *eye-diagram* untuk mengukur BER, *Q-factor*, *threshold* dan *eye-height* pada sistem FTTH-OCDMA dengan jumlah *user* terbatas. Berdasarkan hasil pengujian, penggunaan *eye-diagram* dapat menunjukkan reliabilitas sistem komunikasi kecepatan tinggi [9]. Elrashidi menggunakan *eye-diagram* untuk pengamatan kinerja struktur FTTH dengan enam variasi bentuk pulsa yaitu *return to zero*, *non-return to zero*, *saw-up*, *triangle*, *raised cosine*, dan *hyperbolic-secant*. Pengujian rancangan berdasarkan *eye-diagram* membuktikan bahwa pulsa tipe *non-return to zero* yang paling baik untuk penggunaan *downstream* dan *upstream* sistem *bidirectional* 20 Gbps [12]. Penelitian lain melakukan analisis jaringan *Fiber To The Home* (FTTH) berteknologi *Gigabit Passive Optical Network* (GPON) di Meranti Raya [13]. Brilian [13] melakukan pembahasan tentang kelayakan link optik dari OLT terdekat hingga ke sisi pelanggan dengan melakukan survey jarak, menentukan jumlah komponen GPON seperti ODC, ODP dan perlengkapan lainnya. Brilian menyatakan bahwa *rise time budget* akan terpenuhi jika menggunakan pengkodean NRZ namun untuk *upstream* dapat menggunakan baik NRZ atau RZ [13]. Penggunaan *eye-diagram* untuk menganalisis sistem transmisi dengan kecepatan tinggi juga dilakukan pada penelitian Tahir [14] sebagai alat analisis performansi berdasarkan BER, *Q-factor* dan Yang Wu [15] sebagai alat analisis *jitter*.

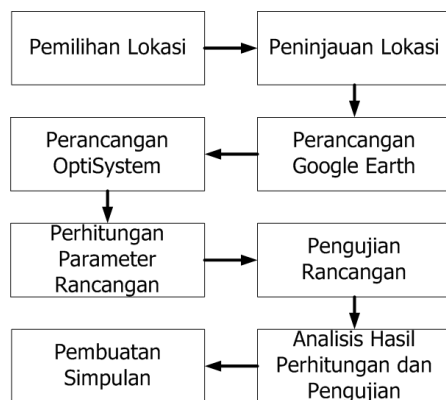
Merujuk pada hasil-hasil penelitian sebelumnya, kami melakukan perancangan jaringan FTTH-GPON dengan pengukuran unjuk kerja menggunakan *eye-diagram*. Area perancangan *Jakarta Garden City* (Jakarta Timur) dipilih karena sedang dilakukan proses instalasi jaringan FTTH sehingga dibutuhkan analisis unjuk kerja dan jarak ONT di sisi pelanggan dibawah 10 km terhadap OLT di STO Cakung. Hasil dari penelitian ini adalah analisis *Link Power Budget*, *Spektral Analyzer* [1], *Rise Time Budget*, *Eye-diagram*, *Bit Error Rate* (BER), *Q Factor* menggunakan *OptiSystem*. Perancangan meliputi tiga *cluster* hunian dan pemodelan menggunakan kabel serat optik tipe *single mode fiber*, modulasi

menggunakan pulsa NRZ. Pengujian dilakukan dengan variasi daya masukan OLT. Kami melakukan perancangan jaringan FTTH pada area *Jakarta Garden City* mulai dari OLT yang terdapat pada STO Cakung hingga rumah-rumah yang berada pada *cluster Missisipi*, *cluster Taman Kota*, dan area *developer*. Perancangan yang ditawarkan menggunakan standar ITU-T G.984.2. Pengujian hasil rancangan menggunakan *OptiSystem* yang akan menghasilkan parameter pengukuran seperti *eye-diagram*, *BER*, *Q-factor*. Sedangkan penetapan nilai *link power budget*, *power margin* dan *risetime budget* menggunakan perhitungan yang didasari pada parameter rancangan.

II. METODE PENELITIAN

A. Diagram Alir Perencanaan Jaringan

Perancangan FTTH-GPON pada area *Jakarta Garden City* dilakukan dalam beberapa tahapan. Berikut ini adalah tahap-tahap yang dilakukan untuk melakukan perancangan jaringan FTTH yang tertuang dalam Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Proses Pengerjaan.

Berdasarkan Gambar 1, langkah pertama dalam proses penelitian dilakukan pemilihan lokasi yang akan dibuat jalur FTTH yaitu area *Jakarta Garden City*. Proses kedua melakukan peninjauan lokasi dengan cara melakukan *survey micro demand* pada area atau daerah yang sudah ditentukan. Peninjauan lokasi bertujuan untuk mendapatkan data dan informasi tentang area kerja yang akan dilakukan perancangan jaringan FTTH. Survei dilakukan pada area kerja Telkom Akses Cakung-Cilincing daerah Jakarta Timur, dengan sasaran area *Jakarta Garden City*. Survei dilakukan untuk mendapatkan data pembuatan jalur baru jaringan FTTH. Setelah mendapatkan data untuk membuat jalur FTTH tersebut, kemudian dilakukan pengukuran jarak dan penentuan titik pemasang *Optical Distribution Cabine* (ODC). Penentuan lokasi dan pengukuran jarak menggunakan aplikasi *Google Earth*. Proses selanjutnya memindahkan parameter rancangan jaringan pada aplikasi *OptiSystem* untuk mendapatkan pengukuran unjuk kerja sistem. Setelah perancangan pada *Google Earth* dan *OptiSystem*, penelitian dilanjutkan dengan proses perhitungan parameter rancangan seperti *link budget*, *power margin* dan *rise*

time budget. Proses selanjutnya yaitu pengujian rancangan pada aplikasi *OptiSystem* untuk mendapatkan nilai *eye-diagram* rancangan FTTH. Hasil perhitungan dan pengujian sistem digunakan sebagai bahan analisis untuk mengukur unjuk kerja rancangan sesuai dengan standar yang ditetapkan ITU-T. Tahapan terakhir dalam penelitian ini adalah pembentukan kesimpulan tentang kesesuaian rancangan jaringan FTTH di area *Jakarta Garden City* berdasarkan standar-standar di atas.

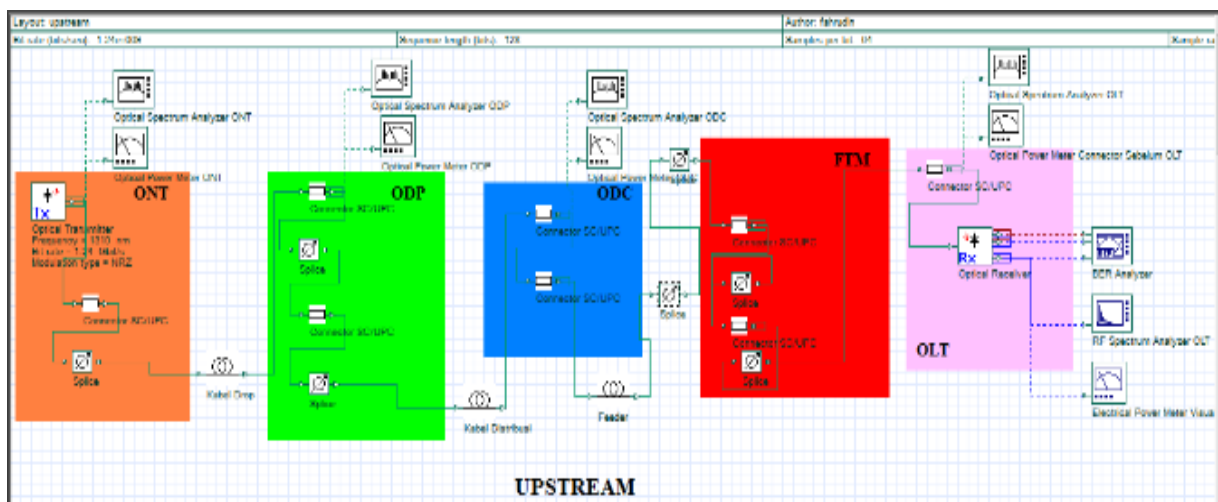
B. Rancangan Sistem menggunakan Aplikasi Google Earth

Gambar 2 menampilkan rancangan sistem *Fiber To The Home* area *Jakarta Garden City* pada aplikasi *Google Earth*, terminasi awal dimulai dari Sentral Office (STO) Cakung dimana terpasang perangkat OLT dan *Fiber Termination Management* (FTM). Kabel *feeder* menghubungkan OLT dan ODC dengan jalur melewati Jl. Bekasi Raya. Kabel *fedeer* memiliki 288 *core* dan membentang hingga Taxiku yang terletak di Jl. Komp. PT. Krak dengan jaraknya 2,30 km. Titik Taxiku kabel *feeder* menjadi lokasi pembagian *core*, dari 288 *core* menjadi 144 *core*, yang akan menuju ke area *Jakarta Garden City* melalui Jl. Komplek PT. Prak dengan jarak menuju jalur masuk area *Jakarta Garden City* sepanjang 1,5 Km. Jalur masuk area *Jakarta Garden City* menuju bunderan JGC melewati jalur Jl. Tol. Cakung – Cilincing dengan jarak 1,5 Km. Titik pembagi kedua terdapat di bunderan JGC. Kabel *feeder* yang berisi 144 *core* dibagi menjadi tiga jalur, jalur yang pertama menuju area Taman Kota, jarak dari bunderan menuju ODC Taman Kota yaitu 0,96 Km. Jalur kedua menuju area *Developer*, jarak dari bunderan menuju ODC *Developer* yaitu 0,90 Km. Dan jalur yang Ketiga menuju area *Missisipi*, jarak dari bunderan menuju ODC *Missisipi* yaitu 1,66 Km.

Dari *Optical Distribution Cabinet* (ODC) menuju *Optical Distribution Point* (ODP), area Taman Kota membaca 48 *core*, di-*splitter* 1:4 di ODC. Keluaran ODC menggunakan kabel distribusi yang menuju ODF, dan untuk ODP yang digunakan sebanyak 34 buah yang akan melayani 175 pelanggan. Jarak terjauh 470 meter, di-*splitter* 1:8 dan setelah masuk ke ODP menjadi kabel *drop*, kabel *drop* tersebut menuju ONT dengan jarak terjauh, yaitu 51 meter. Area *Developer* membaca 48 *core*, di-*splitter* 1:4 di ODC, dan di bagian keluar terdaoat kabel distribusi yang menuju ODP. ODP yang digunakan sebanyak 132 buah untuk melayani 148 pelanggan, dengan jarak terjauh 660 meter, di-*splitter* 1:8 dan setelah masuk ke ODP menjadi kabel *drop* yang menuju ONT dengan jarak terjauh, yaitu 30 meter. Area *Missisipi* menggunakan 48 *core* yang di-*splitter* 1:4 di ODC dan menuju ODP menggunakan kabel distribusi. ODP yang digunakan sebanyak 80 buah untuk melayani 368 pelanggan, dengan jarak terjauh 834 meter, di *splitter* 1:8. Luaran ODP dihubungkan ke kabel *drop*, kabel *drop* tersebut menuju ONT dengan jarak terjauh, yaitu 51 meter.



Gambar 2. Jaringan FTTH Menggunakan Software Google Earth Pada Area Jakarta Garden City



Gambar 3. Rancangan Menggunakan OptiSystem

C. Pemodelan Sistem Menggunakan OptiSystem

Gambar 3 menampilkan rancangan jaringan FTTH menggunakan software *OptiSystem* pada area Jakarta Garden City, yang menampilkan OLT, FTM, ODC, ODP, dan ONT. Pemodelan sistem menggunakan *OptiSystem* dibagi menjadi dua bentuk yaitu rancangan jaringan *downstream* dan *upstream*. Rancangan *downstream* memiliki aliran data sisi STO menuju pelanggan atau bisa juga disebut dari OLT menuju ONT. Pengujian dalam simulasi *downstream* menggunakan panjang gelombang 1490 nm dan 1550 nm dengan *bit rate* 2,488 Gbps sedangkan tipe modulasi atau pengkodean menggunakan NRZ. Tahapan selanjutnya masuk ke *Fiber Termination Management* (FTM) yang memiliki konektor SC/UPC dan sebuah *splice* atau penyambungan. Jalur FTM menuju ODC menggunakan kabel *feeder* kemudian kabel *feeder* masuk ke ODC dan di-*splitter* 1:4, Luaran ODC menjadi kabel distribusi yang akan di-*splitter* 1:8 pada bagian ODP, jalur selanjutnya menggunakan kabel drop yang menuju ONT pada sisi pelanggan. Pengukuran kinerja jaringan menggunakan hasil yang dikeluarkan dalam *OptiSystem* yaitu BER-analyzer, power receive, RF Spectrum Analyzer.

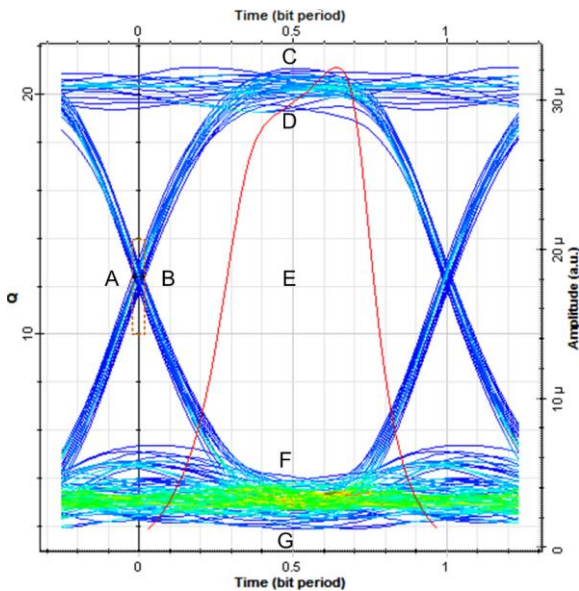
Rancangan *upstream* memiliki alur pengiriman informasi yang berkebalikan dari *downstream* yaitu mulai dari sisi pelanggan menuju STO (ONT menuju OLT), panjang gelombang yang digunakan 1310 nm dan bit ratenya 1,244 Gbps.

D. Pengukuran Kinerja Menggunakan Eye-Diagram

Gambar 4 menampilkan grafik *eye-diagram* dengan pengkodean NRZ. Berdasarkan Seraji [16], terdapat beberapa parameter yang dihasilkan dalam sebuah grafik *eye-diagram* seperti distorsi, *jitter*, SNR, *Q-factor*, dan BER.

Nilai distorsi jaringan pada diagram di atas dapat diukur dengan memperhatikan jarak antara titik C dan titik D semakin sempit jarak antara kedua titik tersebut memberikan nilai distorsi yang semakin kecil. Nilai *jitter* jaringan pada *eye-diagram* diperoleh dengan cara mengukur lebar perpotongan garis di titik A dan titik B. Level amplitudo daya terima ditampilkan pada jarak antara titik C dan titik G, titik D dan titik F menampilkan lebar bukaan mata (*eye-height*) yang mengidentifikasi nilai kualitas daya terima. Jarak antara titik D dan titik E menghasilkan nilai SNR.

Nilai Q -factor dan BER disajikan pada grafik warna merah.



Gambar 4. Pengukuran Performansi Menggunakan Eye-Diagram

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Perhitungan Parameter Rancangan Link Power Budget, Power Margin, dan Rise Time Budget

Perhitungan parameter rancangan telah kami sajikan pada publikasi sebelumnya [1]. Kami mendapatkan hasil perhitungan seperti tampilan pada Tabel 1 dan Tabel 2. Perhitungan *link power budget* pada tabel 1 digunakan untuk mengetahui rugi-rugi daya dari sentral menuju pelanggan jaringan FTTH di *Jakarta Garden City* seperti area taman kota, area *Developer* dan area *Missisipi*. Berdasarkan perhitungan, pada pelanggan dengan jarak terjauh dari STO, *link power budget* untuk *downstream* maupun *upstream* menghasilkan nilai redaman total (α_{tot}) kurang dari 28 dB. Sebagai contoh kami menggunakan area taman kota dengan hasil perhitungan untuk *downstream* dengan panjang gelombang 1490nm adalah $\alpha_{tot} = 22,63$ dB, dengan panjang gelombang 1550nm adalah $\alpha_{tot} = 22,27$ dB, dan untuk *upstream* menggunakan panjang gelombang 1310nm adalah $\alpha_{tot} = 22,63$ dB. *Power margin* lebih dari nol, yaitu untuk panjang gelombang 1490 sebesar 3,37 dB, untuk panjang gelombang 1550 sebesar 3,73 dB, dan untuk panjang gelombang 1310 sebesar 3,37 dB. Hasil pengukuran *link power budget* dan *power margin* disajikan pada Tabel 1.

Dari perhitungan total *rise time budget* dapat disimpulkan bahwa sistem memenuhi standar yang ditentukan, karena masih di bawah standar maksimum untuk *rise time* dari *bit rate* sinyal NRZ sebesar 0,291 ns dan untuk *upstream* standar maksimum *rise time bit rate* sinyal NRZ adalah 0,583 ns. Tabel 2 menunjukkan hasil perhitungan *rise time budget*.

Tabel 1. Hasil Perhitungan *Link Budget* dan *Margin Daya*

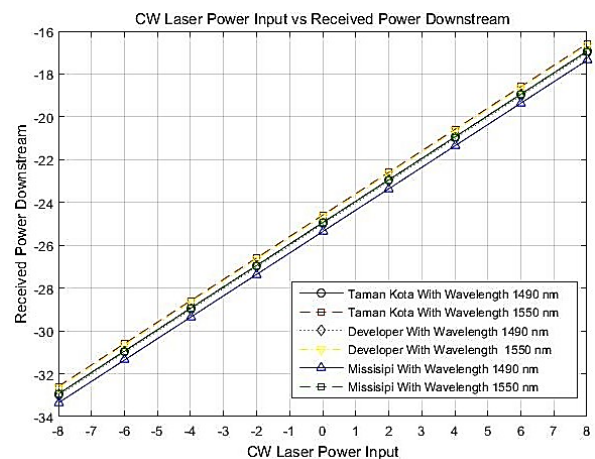
Lokasi	<i>Link budget</i> (dB)		
	<i>downstream</i> 1490	<i>downstream</i> 1550	<i>upstream</i> 1310
Area Taman Kota	22,63	22,27	22,63
Area <i>Developer</i>	22,62	22,27	22,62
Area <i>Missisipi</i>	23,02	22,61	23,02
Lokasi	<i>Margin Daya</i> (dB)		
	<i>downstream</i> 1490	<i>downstream</i> 1550	<i>upstream</i> 1310
Area Taman Kota	3,37	3,73	3,37
Area <i>Developer</i>	3,38	3,73	3,38
Area <i>Missisipi</i>	2,93	3,39	2,93

Tabel 2. Hasil Perhitungan *Rise Time Budget*

Lokasi	<i>Rise Time Total</i> (ns)	
	<i>Downsteam</i>	<i>Upstream</i>
Area Taman Kota	0,267	0,25
Area <i>Developer</i>	0,266	0,25
Area <i>Missisipi</i>	0,273	0,25

B. Pengaruh Peningkatan Daya Masukan di OLT Terhadap Daya Keluaran di ONT

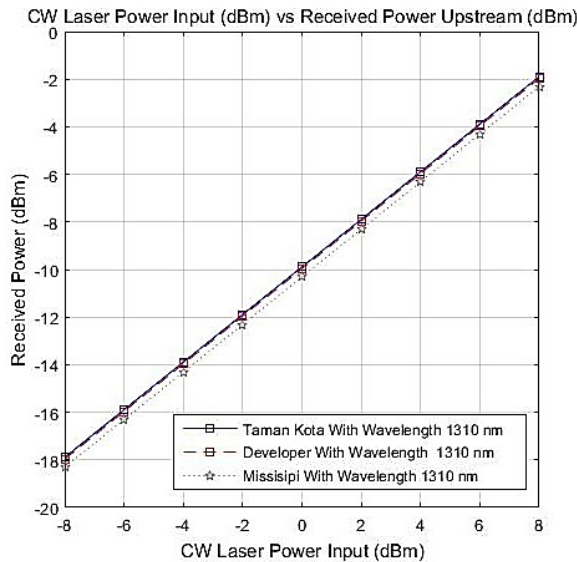
Berikut ini adalah gambar grafik pengaruh peningkatan daya masukan di OLT terhadap daya keluaran di ONT yang berguna untuk menganalisis performansi jaringan FTTH pada area *Jakarta Garden City*.



Gambar 5. Grafik *Received Power Downstream*

Gambar 5 menampilkan perbandingan grafik *Received Power*, daya yang diterima dari OLT ke ONT. Area Taman Kota dengan menggunakan panjang gelombang 1490 nm ditunjukkan pada warna hitam dan panjang gelombang 1550 nm ditunjukkan pada warna merah, area *Developer* dengan menggunakan panjang gelombang 1490 nm ditunjukkan pada warna abu-abu dan panjang

gelombang 1550 nm ditunjukkan pada warna kuning sedangkan area *Missisipi* dengan menggunakan panjang gelombang 1490 nm ditunjukkan pada warna biru dan panjang gelombang 1550 nm ditunjukkan pada warna hijau. Berdasarkan grafik dengan variasi *power* yang digunakan yaitu -8, -6, -4, -2, 0, 2, 4, 6, 8 (dBm) menghasilkan *received power* yang memenuhi standar rancang mulai dari masukan dengan *power* 0 dBm karena daya terima masih di atas standar yang ditentukan yaitu -25 dBm. Namun standar layanan Telkom Akses selaku penyedia jasa menggunakan *power* 5 dBm, dan hasilnya sangat baik yaitu -20 dBm.



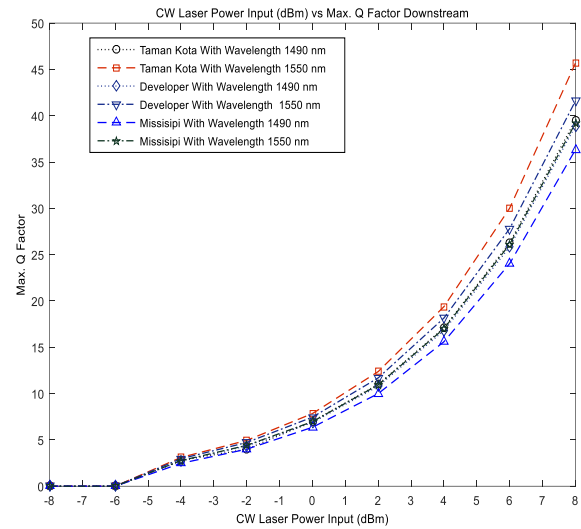
Gambar 6. Grafik *Received Power Upstream*

Gambar 6 menampilkan nilai *Received Power*, daya yang diterima dari OLT ke OLT, pada saat *upstream*. Area Taman Kota dengan menggunakan panjang gelombang 1310 nm ditunjukkan pada warna biru, area *Developer* dengan menggunakan panjang gelombang 1310 nm ditunjukkan pada warna merah, area *Missisipi* dengan menggunakan panjang gelombang 1310 nm ditunjukkan pada warna abu-abu. Daya masukan yang digunakan yaitu -8, -6, -4, -2, 0, 2, 4, 6, 8 (dBm). Berdasarkan grafik diatas terlihat bahwa mulai dari *power* -8 dBm, daya yang diterima OLT dengan asumsi di atas juga baik.

C. Pengaruh Peningkatan Daya Masukan Terhadap *Maximum Q-factor*

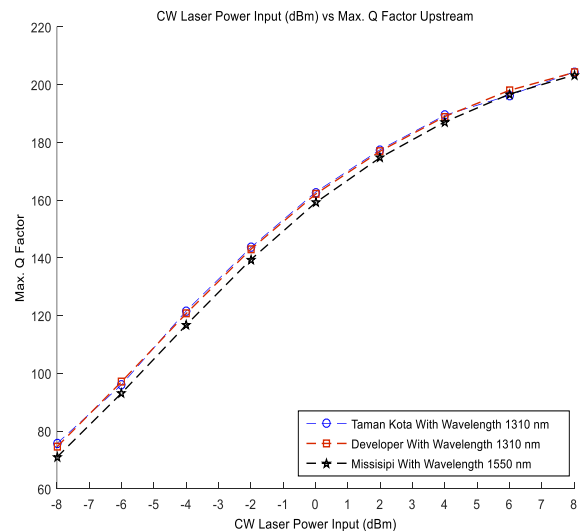
Gambar 7 menunjukkan grafik *Max. Q Factor*, parameter yang menggambarkan sebuah *osilator* atau *resonator* dan *bandwidth* yang relatif pusatnya, pada saat *downstream*. Berdasarkan grafik, area Taman Kota dengan menggunakan panjang gelombang 1490 nm ditunjukkan pada warna hitam dan panjang gelombang 1550 nm ditunjukkan pada warna merah, area *Developer* dengan menggunakan panjang gelombang 1490 nm ditunjukkan pada warna abu-abu dan panjang gelombang 1550 nm ditunjukkan pada warna kuning, untuk area *Missisipi* dengan menggunakan panjang gelombang 1490 nm

ditunjukkan pada warna biru dan panjang gelombang 1550 nm ditunjukkan pada warna hijau. Daya masukan yang digunakan yaitu -8, -6, -4, -2, 0, 2, 4, 6, 8 (dBm), dan mengamati nilai *Max. Q Factor* dengan syarat nilai tersebut lebih besar dari 6. Berdasarkan grafik di atas terlihat bahwa mulai dari *power* 2 dBm menghasilkan unjuk kerja yang baik karena nilainya di atas standar yang ditetapkan. Namun Telkom Akses pada umumnya menggunakan *power* 5 dBm, dan hasilnya sangat baik, yaitu pada 22.



Gambar 7. Grafik *Max. Q Factor Downstream*

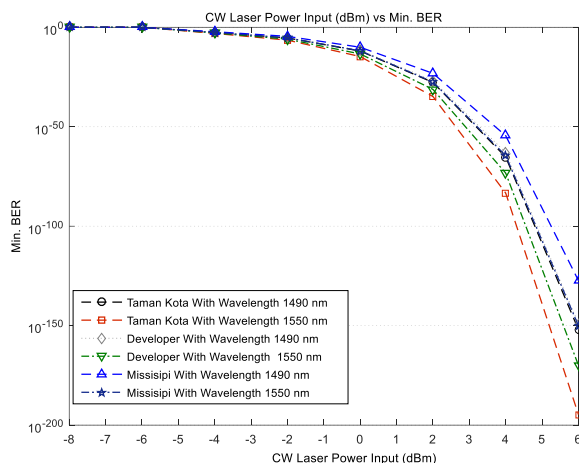
Gambar 8 menunjukkan grafik *Max. Q Factor* pada saat *upstream*. Area Taman Kota dengan menggunakan panjang gelombang 1310 nm ditunjukkan pada warna merah, area *Developer* dengan menggunakan panjang gelombang 1310 nm ditunjukkan pada warna abu-abu, dan area *Missisipi* dengan menggunakan panjang gelombang 1310 nm ditunjukkan pada warna hitam. Daya yang digunakan dalam pengujian sebesar -8, -6, -4, -2, 0, 2, 4, 6, 8 (dBm) dan menghasilkan nilai *Q-Factor* yang baik.



Gambar 8. *Max. Q Factor Upstream*

D. Pengaruh Peningkatan Daya Masukan di OLT Terhadap Minimum BER di ONT

Gambar 9 menunjukkan grafik *Min. BER* pada saat *downstream*. Area Taman Kota dengan menggunakan panjang gelombang 1490 nm ditunjukkan pada warna hitam dan panjang gelombang 1550 nm ditunjukkan pada warna merah, area *Developer* dengan menggunakan panjang gelombang 1490 nm ditunjukkan pada warna abu-abu dan panjang gelombang 1550 nm ditunjukkan pada warna kuning, area *Missisipi* dengan menggunakan panjang gelombang 1490 nm ditunjukkan pada warna biru dan panjang gelombang 1550 nm ditunjukkan pada warna hijau. Daya masukan yang digunakan yaitu -8, -6, -4, -2, 0, 2, 4, 6, 8 (dBm) dan syarat nilai *Min. BER* agar jaringan dapat berkeja dengan baik adalah 3×10^{-9} . Berdasarkan grafik diatas terlihat bahwa mulai dari *power* 0 dBm, bisa dikatakan bagus karena masih sesuai standar yang di tentukan dengan hasil sebesar $2,892 \times 10^{-12}$, akan tetapi Telkom Akses pada umumnya menggunakan *power* 5 dBm, dan hasilnya sangat bagus yaitu pada $4,154 \times 10^{-84}$.



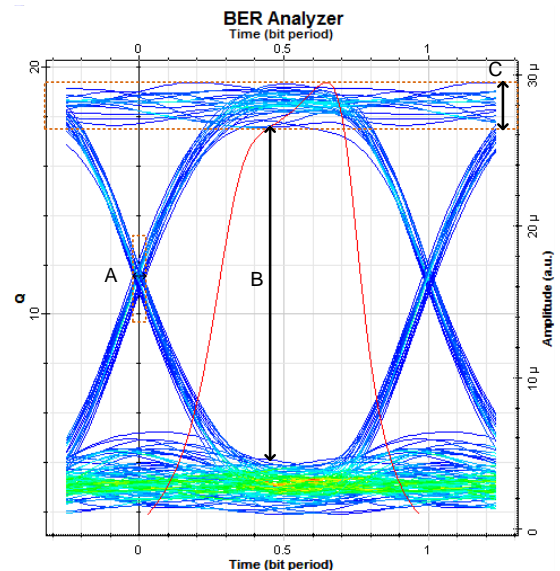
Gambar 9. Grafik *Minimum BER*

E. Analisis Performansi Menggunakan Eye-Diagram

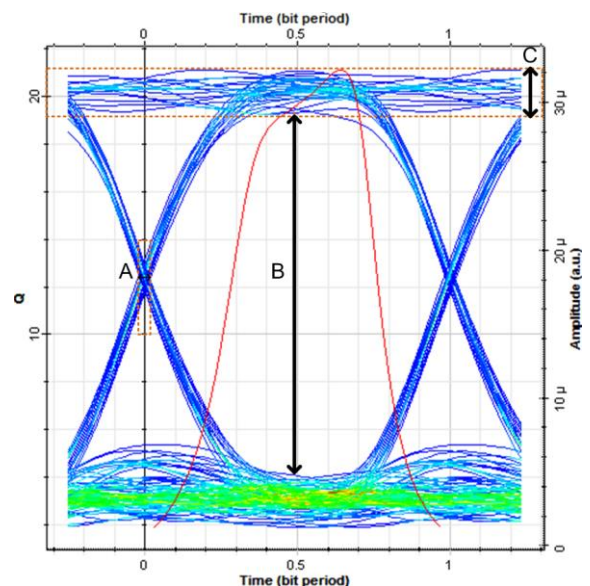
Berikut ini adalah gambar *Eye-Diagram* jaringan FTTH menggunakan software *OptiSystem* berguna untuk menganalisis performansi jaringan FTTH pada area Jakarta Garden City. Gambar *Eye-Diagram* di area Taman Kota, saat *downstream* dengan menggunakan panjang gelombang 1490 nm ditampilkan gambar 10 dan panjang gelombang 1550 nm ditunjukkan pada Gambar 11, menggunakan *power* 5 dBm sesuai standar yang digunakan oleh Telkom Akses.

Pada Gambar 10 terdapat garis yang berwarna merah area C digunakan untuk mengukur puncak *distorsi* karena gangguan dijalar sinyal dengan hasil pembacaan sebesar $1,07 \mu$ amplitude unit (a.u.). Garis yang berwarna coklat area A merupakan sinkronisasi waktu dan *jitter* efek dengan hasil pengamatan *jitter* efek sebesar 16,7 ps. Garis yang berwarna hitam dibagian tengah mata (area B) digunakan untuk mengukur *Eye-Height*. *Eye-Height* dikatakan bagus

jika gambar matanya semakin lebar. Gambar 10 menampilkan bukaan mata yang sangat lebar. Berdasarkan pengamatan pada diagram didapatkan SNR sekitar 6,87. Gambar 10 tersebut juga dapat menjelaskan *Max. Q Factor*. Standar *Max. Q Factor* yang dikatakan bagus adalah lebih besar dari 6, untuk nilai M. Q Factor yang di dapat adalah 21,249. Sedangkan hasil *Min. BER* yang dikatakan bagus minimal yaitu 10×10^{-9} , untuk nilai *Min. BER* yang di dapat adalah $1,150 \times 10^{-100}$. Selain parameter di atas, hasil pengujian menghasilkan nilai *eye-height* sebesar $2,37 \times 10^{-5}$ dan *threshold* sebesar $1,8 \times 10^{-5}$.



Gambar 10. *Eye-Diagram Power 5 dBm, Downstream 1490 nm*



Gambar 11. *Eye-Diagram Power 5 dBm, Downstream 1550 nm*

Pendekatan yang sama dengan Gambar 10, pengamatan parameter unjuk kerja pada Gambar 11 menghasilkan *distorsi* sebesar 0,96 a.u., *jitter* efeknya sebesar 18,25 ps dan *Signal Noise Ratio* sebesar 6,82 a.u. Gambar 11 juga menjelaskan *Max. Q Factor*, dengan hasil pengukuran sebesar 24,169 dan *Min. BER* dengan hasil pengukuran sebesar $2,077 \times 10^{-129}$.

Selain parameter di atas, hasil pengujian menghasilkan nilai *eye-height* sebesar $2,13 \times 10^{-5}$ dan *threshold* sebesar $1,65 \times 10^{-5}$.

IV. PENUTUP

A. Kesimpulan

Pengujian rancangan FTTH-GPON pada area *Jakarta Garden City* dilakukan untuk mengamati unjuk kerja sistem terhadap standar yang ditetapkan ITU-T. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai *link budget* sebesar 22 dB lebih rendah dari standar 28 dB dan *margin* daya sebesar 3 dB lebih besar dari standar 0 dB. Parameter lainnya *risetime budget downstream* sebesar 0,27 ns dan *risetime upstream* sebesar 0,25 ns lebih kecil dari standar 0,291 ns. Pengukuran unjuk kerja rancangan menggunakan metode *eye-diagram* menghasilkan kinerja yang telah memenuhi standar ITU-T secara keseluruhan. Berdasarkan hasil pengamatan dan analisis terhadap hasil tersebut, rancangan jaringan FTTH pada area *Jakarta Garden City* yang kami usulkan telah memenuhi standar ITU-T untuk penggunaan layanan internet kecepatan tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Rosanto et al, "Analisis Perancangan Jaringan Fiber To The Home Area Jakarta Garden City (Jakarta Timur) dengan Metode Link Power Budget dan Rise Time Budget," dalam *Seminar Nasional Iptek Terapan (SENIT) 2017*, Tegal, 2017.
- [2] Sari, Velessitas Mega Puspita et al., "Perancangan Jaringan Akses Fiber To The Home (FTTH) Dengan Teknologi Gigabyte Passive Optical Network (GPON) Di Wilayah Permata Buah Batu 1 dan 2," Telkom University, Bandung, 2015.
- [3] Md. H. Ali et. al., "Design, Develop and Cost Analysis of GPON Triple Play Architecture without EDFA Combiner for Fixed Wave Length with High Performan," dalam *International Conference on Informatics, Electronics and Vision (ICIEV)*, -, 2016.
- [4] H. Nusantara et al., "Design and Analysis of FTTH-GEPON for High Rise Building," dalam *International Conference on Telecommunication Systems, Services and Application (TSSA)*, Denpasar, 2014.
- [5] T. Rokkas et. al., "Cost Analysis of WDM and TDM fiber-to-the-home (FTTH) Networks: A System-of-Systems Approach," *IEEE Transactions on System, MAN and Cybernetics-Part C : Applications and Reviews*, vol. 42, no. 6, pp. 1842-1853, 2012.
- [6] C. Rodrigues et. al., "Evolution of FTTH Networks Based Radio Over Fibre," dalam *International Conference on Transparent Optical Network (ICTON)*, -, 2011.
- [7] M. E. Sulisty, "Sistem Penjamakan Pada Komunikasi Serat Optik," AMIKOM, Yogyakarta, 2015.
- [8] A. Wibowo, "Analisis Pengujian Implementasi Perangkat Fiber To The Home (FTTH) Dengan OptiSystem Pada Link STO Cijawura Ke Batununggal Regency Cluster Permai," Telkom University, Bandung, 2015.
- [9] R. Rajarajan and S. Prince, "FTTH Architecture with FBG Based OCDMA Network," dalam *International Conference on Communication and Signal Processing*, India, 2016.
- [10] M. Pamungkas, "Analisis Pengujian Implementasi Perangkat Fiber To The Home (FTTH) Dengan OptiSystem Pada Link STO Cijawura Ke Perumahan Jingga," Telkom University, Bandung, 2015.
- [11] M. I. Mutaharrik, "Analisis Pengujian Implementasi Perangkat Fiber To The Home (FTTH) Dengan OptiSystem Pada Link STO Karawaci Ke Perumahan Central Karawaci," Telkom University, Bandung, 2015.
- [12] A. Elrashidi et al, "Performance Analysis of WDM-PON FTTH using Different Pulse Shapes at 10 Gbps and 20 Gbps," dalam *Zone 1 Conference of the American Society for Engineering Education (ASEE Zone 1)*, BridgePort, 2014.
- [13] D. Brilian, "Analisis Jaringan Fiber To The Home (FTTH) Berteknologi Gigabit Passive Optical Network (GPON)," Telkom University, Bandung, 2015.
- [14] A. Tahir dan N. O. Unverdi, "FTTX Analysis and Applications," dalam *Signal Processing and Communication Application Conference (SIU)*, Zonguldak, 2016.
- [15] Y. Wu, "An Efficient Eye Diagram Generation Method for Jitter Analysis in High Speed Link," dalam *IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility (EMC)*, Raleigh, NC, 2014.
- [16] F. E. Seraji and M. S. Kiaee, "Eye-Diagram-Based Evaluation of RZ and NRZ Modulation Methods in a 10-Gb/s Single-Channel and a 160-Gb/s WDM Optical Network," dalam *International Journal of Optics and Application*, vol. 7, no. 2, pp. 31-36., 2017.