Perancangan Jaringan Backbone Optik 4G LTE DWDM Di Kabupaten Bandung Selatan

Aditya Perkasa Whira Nugraha [1)], Efrat Murpratama [2)], Ryan Topani, Amd.T [3)], Erna Sri Sugesti [4)]

[1),2),3),4)]Teknik Telekomunikasi Universitas Telkom Bandung
Jl. Telekomunikasi, Jl. Terusan Buah Batu No.01, Dayeuhkolot, Dayeuhkolot, Bandung, Jawa Barat 40257
Email : adityaperkasawn@student.telkomuniversity.ac.id

Abstrak. *Peningkatan akan kebutuhan layanan seluler di Indonesia maupun dunia, melatar-belakangi 3GPP menggagas teknologi seluler generasi ke 4 yaitu Long Term Evolution (LTE). 4G LTE merupakan solusi dari permasalahan kebutuhan kapasitas dan kualitas jaringan pada daerah dengan populasi pengguna yang cukup tinggi seperti daerah Bandung Selatan. Pengimplementasian teknologi tersebut didukung oleh jaringan transmisi berkecepatan tinggi yang menghasilkan kapasitas bandwidth yang lebar seperti jaringan backbone optik. Perancangan backbone optik daerah Bandung Selatan menggunakan jenis kabel G-652 sepanjang 48,1 km melewati 4 STO utama yaitu Soreang, Banjaran, Buahbatu dan Margahayu dengan menggagas konsep topologi ring. Teknologi WDM yang digunakan yaitu STM-16 dengan bitrate 2,5 Gbps. Rata-rata daya yang didapat untuk setiap STO yaitu -24 dBm. Nilai tersebut di atas nilai minimum power (receiver sensitivity) -28 dBm yang mengacu pada standar parameter ITU-T G.984.2. Rata-rata rise time budget untuk tiap STO adalah 61 ps, nilai tersebut masih di bawah nilai standar maksimum NRZ 280 ps dan RZ 140 ps, sehingga line coding yang digunakan bisa menggunakan keduanya. Bit Error Rate rata-rata link backbone ≤ 10^{-9} dan rata-rata nilai Q-factor ≥ 6.*

***Kata kunci**: LTE, Link Power Budget, Rise Time Budget, BER, Q-factor.*

1. Pendahuluan

Seiring berkembangnya teknologi bidang telekomunikasi, kebutuhan masyarakat akan layanan data, suara dan video terus meningkat. Menurut survey lembaga Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia (APJII) menyebutkan, penetrasi pengguna internet di Indonesia meningkat 8% menjadi 143.26 juta jiwa [1]. Jika jumlah penduduk di Kota Bandung khususnya Bandung Selatan mencapai 3.657.701 jiwa untuk tahun 2017 meningkat 1,7 % dari tahun sebelumnya [2], maka pengguna layanan seluler di daerah tersebut akan terus meningkat tiap taunnya. Peningkatan kebutuhan layanan komunikasi seluler melatar-belakangi 3GPP menggagas teknologi generasi ke-4 yaitu Long Term Evolution (LTE).

LTE merupakan suatu standar teknologi komunikasi nirkabel data berkecepatan tinggi untuk komunikasi bergerak yang berbasis pada perkembangan teknologi Global System for Mobile Communication / Enhanced Data Rates for GSM Evolution (GSM/EDGE) dan Universal Mobile Telecommunication System / High Speed Packed Access (UMTS/HSPA). Third Generation Partnership Project (3GPP) juga mengeluarkan standar dan spesifikasi untuk UMTS dan GSM [3]. LTE hadir untuk menjawab permasalahan komunikasi data berkecepatan tinggi yang sudah tidak dapat lagi dilayani oleh teknologi sebelumnya seperti HSPA dan sebagainya. Pengimplementasian teknologi tersebut didukung oleh jaringan transmisi berkecepatan tinggi yang menghasilkan kapasitas bandwidth yang lebar seperti jaringan backbone optik.

Serat optik sebagai media transmisi berkecepatan tinggi menghasilkan bandwidth serta bit rate tinggi terus dikembangkan demi memenuhi kebutuhan komunikasi tersebut. Jenis kabel optik G. 652 single mode memiliki diameter core yang lebih kecil dibanding jenis multimode, sehingga digunakan untuk transmisi jarak jauh dan komunikasi antar sentral [3]. Backbone yaitu saluran atau koneksi berkecepatan tinggi yang menjadi lintasan mutlak dalam suatu jaringan. Jaringan backbone yaitu jaringan yang menghubungkan sekian banyak jaringan dengan kecepatan tinggi melalui gateway. Dengan memakai jaringan backbone, masalah kecepatan interkoneksi antar jaringan lokal bisa teratasi.

Pada penelitian ini dilakukan rancangan jaringan backbone optik daerah Kabupaten Bandung Selatan, melewati 4 STO utama yaitu kecamatan Soreang, Banjaran, Buahbatu dan Margahayu. Perancangan jaringan menggunakan parameter masukan seperti:

- *Bit rate* 2,5 Gbps (STM 16),
- Jarak *link* total 48,1 km
- *Window* ketiga 1550 nm,
- Daya Transmit 0 dBm = 1 mW,
- Kabel G. 652 dengan atenuasi 0,3 dB/km

Keberhasilan perancangan dilihat dari parameter performansinya seperti Bit Error Rate (BER), Link Power Budget, Rise Time Budget (RTB), Q-factor dan bentuk dari eye diagram pada BER Analyzer. Adapun perhitungan manual digunakan untuk membandingkan nilai hasil simulasi.

2. Pembahasan

2.1. Perhitungan Trafik

Tahap estimasi pelanggan dilakukan agar nantinya jalur backbone dapat mencukupi kebutuhan jaringan 4G LTE. Perancangan di daerah Bandung Selatan, khususnya kawasan kecamatan Soreang, Banjaran, Buahbatu dan Margahayu. Besar populasi jiwa kecamatan Soreang 119.112 jiwa, kecamatan Banjaran 119.339 jiwa, kecamatan Buahbatu 90.185 jiwa, kecamatan Margahayu 130.747 jiwa, sehingga total keseluruhan 459.383 jiwa dan penetrasi seluler nasional menurut KOMINFO sebesar 150%, sehingga didapat estimasi pelanggan seluler secara keseluruhan [2]. Data tersebut dikali dengan penetrasi operator A sebesar 70 % pada tahun 2017 yang bersumber dari laporan tahunan operator A. Data estimasi pelanggan operator dikali dengan data asumsi penetrasi layanan LTE untuk mendapatkan asumsi pelanggan LTE operator A. Untuk perhitungan lebih lanjut dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Estimasi jumlah pelanggan tahun pertama

No	Variabel	Nilai
1	Populasi daerah total (A)	459.383
2	Penetrasi seluler Indonesia (B)	150 %
3	Estimasi pelanggan seluler (C=A x B)	689,075
4	Penetrasi Operator A (D)	70 %
5	Estimasi pelanggan operator A (E = C x D)	482.353
6	Penetrasi layanan LTE (F)	20 %
7	Asumsi pelanggan LTE operator A (F x E)	96.471

Estimasi pelanggan masing-masing kecamatan di Kabupaten Bandung Barat ditampilkan pada Tabel 1. Dengan asumsi pertumbuhan pelanggan operator A berdasarkan Annual Report 2017 yakni sebanyak 32 % dari total pelanggan seluruhnya maka selama 5 tahun terdapat kenaikan estimasi jumlah pelanggan sebanyak 30.250 user [3].

2.2. Penentuan topologi jaringan

Tabel 2. Kebutuhan kabel untuk link *backbone*

Link Backbone	**Kabel (km)**
Soreang – Banjaran	11,2
Banjaran – Buahbatu	13,9
Buahbatu – Margahayu	12,5
Margahayu- Soreang	10,5
Total	**48,1**

Topologi jaringan dengan bentuk *ring* merupakan konfigurasi yang dipilih pada perencanaan ini. Pemilihan rute atau jalur serat optik merupakan salah satu tahapan yang harus benar-benar dipertimbangkan karena hal ini terkait dengan perhitungan sambungan kabel atau *splice*, jenis kabel serat optik, jumlah *power transmit* dan perlu atau tidaknya komponen penguat. Topologi *ring* dipilih karena memudahkan survey dan implementasi di lapangan, pemeliharaan serat optik yang mudah, serta mudah untuk melakukan pelacakan dan pengisolasian kesalahan dalam jaringan karena menggunakan konfigurasi *point to point*. Kabel optik yang akan ditanam harus memenuhi standar ITU-T seri G dan Standar Nasional seri Standar Telekomunikasi (STEL-K), kedalaman galian untuk *trotoar* atau bahu jalan untuk jenis tanah yang lembek sedalam 100 cm dan tanah keras atau berbatu sedalam 80 cm. Detail kebutuhan kabel bisa dilihat pada Tabel 2.

2.3. Penentuan sumber optik dan detektor optik

Sumber optik untuk jarak dekat adalah *Light Emitting Diode* (LED), sedangkan untuk jarak jauh umumnya digunakan *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* (LASER). Kemudian langkah Selanjutnya perlu menentukan detektor optik, pilihan detektor optik ada dua: *P-type*, *Intrinsic*, *N-type layer* (pin) *diode* dan *Avalanche Photodiode* (APD). Laser diode dipilih karena mempunyai karakteristik yang handal yaitu dapat memancarkan cahaya dengan intensitas tinggi, stabil, dan fokus. Detektor APD dipilih karena dapat meningkatkan sensitivitas *receiver* hingga 10 dB dan mempunyai sensitifitas tinggi.

2.4. Penentuan jenis perangkat dan panjang gelombang

Perangkat STM-16 dan STM-64 yang diintegrasikan dengan teknologi *Dense Wavelength Division Multiplexing* (DWDM) hanya membutuhkan satu pasang *core* optik untuk menghubungkan bagian *transmitter* dengan bagian *receiver*. STM-16 dipilih karena berdasarkan kebutuhan *user* pada daerah berkembang yaitu 2,5 Gbps [4]. Kecepatan ini sudah memenuhi standar kecepatan teknologi *backbone* dengan transmisi dalam jumlah besar.

Selanjutnya menentukan *mode* kabel yang akan digunakan. Untuk jarak sangat dekat digunakan *step-index multimode*, untuk jarak dekat hingga menengah digunakan *graded-index multimode*, untuk jarak jauh atau kepentingan transmisi yang berkualitas tinggi dapat digunakan *step-index singlemode*. Setelah itu tentukan panjang gelombang yang akan digunakan. Serat *multimode* dirancang untuk beroperasi pada 850 nm dan 1300 nm, sedangkan serat *singlemode* dioptimalkan untuk panjang gelombang 1310 nm dan 1550 nm. Dalam menentukan panjang gelombang serat optik yang digunakan, perlu dicermati bahwa semakin besar panjang gelombang serat optik, maka atenuasi per kilometer pada serat akan semakin kecil.

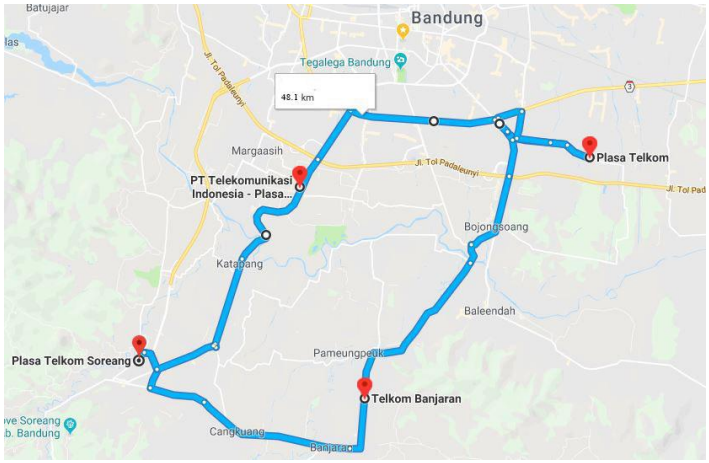
Pada perancangan ini *singlemode* dipilih karena dapat membawa data dengan *bandwidth* yang lebih besar, dapat membawa data dengan lebih cepat dan 50 kali lebih jauh dibandingkan dengan multimode dan memiliki *core* yang lebih kecil, dengan demikian gangguan-gangguan di dalamnya akibat *distorsi*

ISSN 2085-4218
2 Februari 2019

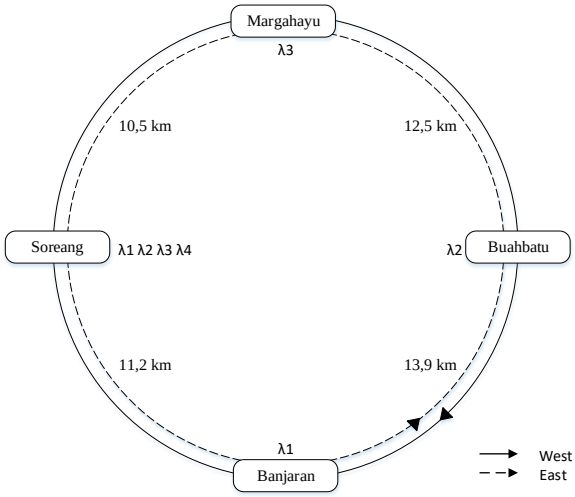
dan *overlapping* pulsa cahaya menjadi berkurang. Inilah yang menyebabkan *singlemode* menjadi lebih *reliabel*, stabil, cepat, dan jauh jangkauannya.

2.5. Penentuan rute jaringan optik

Dalam perancangan jaringan optik untuk distribusi 4G LTE diperlukan adanya penetuan *coverage* dan rute transmisi jaringan agar dapat mengetahui daerah perancangan serta dapat mengetahui besar *power budget*. Jaringan *backbone* perlu dirancang agar optimal dan sinyal yang dikirim sampai ke *end-point* sesuai dengan yang standar. Sistem pengkabelan terdiri dari kabel *backbone*, main *cross-connect*, *horizontal cross-connect*, terminasi mekanikal, dan *patch cord* yang digunakan untuk koneksi silang *backbone-to-backbone*. Gambar 1 dan 2 di bawah ini adalah gambar rute jaringan *backbone* optik.



Gambar 1. Map rute jaringan *backbone*



Gambar 2. Diagram rute jaringan *backbone*

2.6 Parameter Perancangan Jaringan Serat Optik

Parameter perancangan yang digunakan pada jaringan ini, disesuaikan dengan standar yang berlaku di ITU-T G 6.52. Parameter perencanaan serat optik tersebut dapat dilihat pada Tabel 3 [4].

Tabel 3. Parameter perancangan jaringan optik

Data teknis perancangan *link backbone*		**Pengirim**	
Bite rate (B)	2,5 Gbps (STM 16)	*Rise time*	60 ps
Jarak *link* (L_{link})	48,1 km	Lebar spektral	0,1 nm

Format modulasi	NRZ	Daya transmit	0 dBm
λ operasi	1550 nm	**Penerima**	
Margin opersi (Ms)	6 dB	*Rise time*	35 ps
Komponen tambahan		Sensitivitas min.	-28 dBm
Redaman konektor	0,3 dB/konektor	**Serat optik *singlemode* : ITU-T G 6.52**	
Redaman *splice*	0,05 dB/Splice	Atenuasi	0,3 dB/km
Gain EDFA (G)	20 dB	*Dispersi* kromatik (D)	3,5 ps/nm.km

2.7 Parameter performansi

Kualitas dari jaringan fiber optik dapat ditinjau dari beberapa paramater-parameter seperti *link power budget*, *rise time budget* dan *Bit Error Rate* (BER). Parameter tersebut dibutuhkan untuk menganalisis kelayakan dari jaringan optik yang telah terinstalasi.

2.7.1 *Link Power Budget*

Tabel 4. *Power received* tiap *link*

***Link Backbone* (Kecamatan)**	***Power Received***	
	Simulasi	**Manual**
Soreang - Banjaran	-24,457 dBm	-29,78 dBm
Banjaran - Buahbatu	-24,640 dBm	-30,59 dBm
Buahbatu – Margahayu	-24,862 dBm	-30,17 dBm
Margahayu - Soreang	-24,024 dBm	-29,52 dBm

Perhitungan redaman dibutuhkan untuk mendapatkan *range* yang sesuai dengan ditentukan yaitu minimum *power* (*receiver sensitivity*) *downlink* pada *receiver* (Rx) yaitu -21 dBm dan uplink -28 dBm (mengacu pada standar parameter ITU-T G.984.2) [4]. Dengan memperhatikan redaman kabel, redaman perangkat DWDM, redaman *Optical Add-Drop Multiplexer* (OADM), redaman *splice*, dan redaman konektor maka diperoleh perhitungan nilai *loss* sebagaimana pada Tabel 4.

2.7.2 *Rise Time Budget* (RTB)

Rise time budget (RTB) merupakan metode untuk menentukan batasan *dispersi* pada saluran transmisi. Tujuannya adalah untuk menganalisis kerja sistem secara keseluruhan dan memenuhi kapasitas kanal yang diinginkan. Hasil dari perhitungan RTB untuk tiap-tiap kecamatan dapat dilihat pada Tabel 5. [5],

$$t_{sis}{}^2 = t_{tx}{}^2 + t_f{}^2 + t_{rx}{}^2 \quad \text{..... (1)}$$

$$t_f = D \times \Delta_\sigma \times L_{sis} \quad \text{..... (2)}$$

Tabel 5. *Rise Time Budget* tiap *link*

***Link Backbone* (Kecamatan)**	***Rise Time Budget* (ps)**
Soreang - Banjaran	61,158
Banjaran - Buahbatu	61.226
Buahbatu – Margahayu	61,189
Margahayu - Soreang	61,143

ISSN 2085-4218
2 Februari 2019

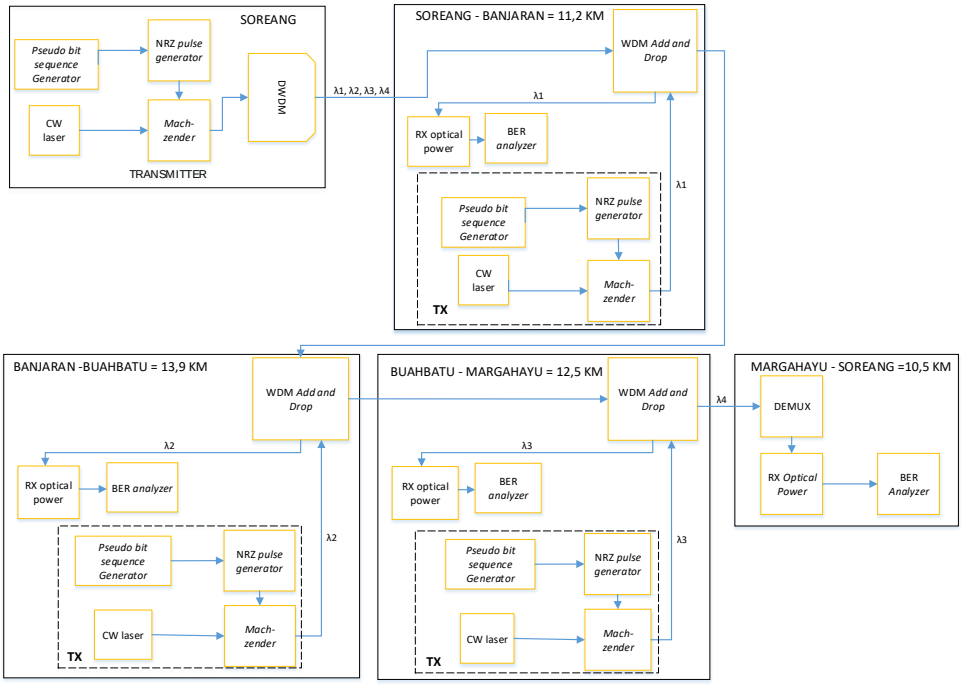
Nilai *rise time budget* sistem untuk *line coding* rancangan *backbone* ini dapat menggunakan RZ atau NRZ, karena nilai $t_{sis} \leq$ dari kedua syarat *line coding* tersebut sesuai persamaan berikut,

$t_{sis} \leq \frac{0.7}{BR}$: Untuk NRZ, 0,7/(2,5 $Gbps$) = 0,28 ns = 280 ps

$t_{sis} \leq \frac{0.35}{BR}$: Untuk RZ, 0,35/(2,5 $Gbps$) = 0,140 ns = 140 ps

dimana BR adalah *Bit Rate* sistem.

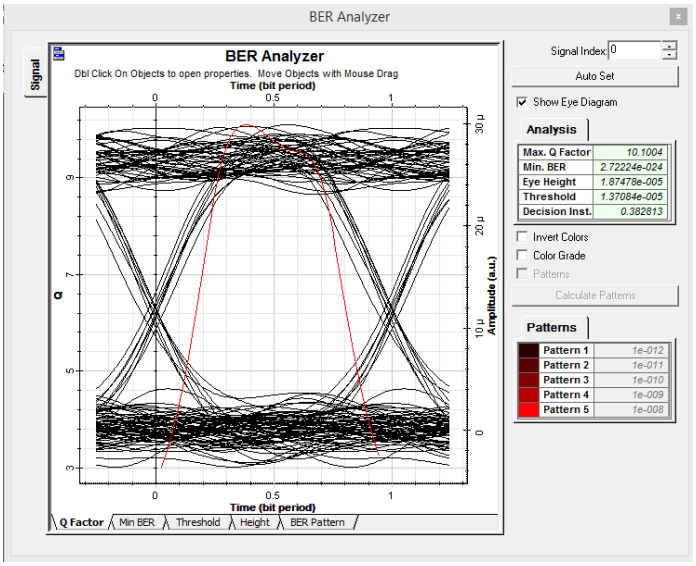
2.8 Hasil perancangan jaringan



Gambar 3. Diagram rancangan jaringan *backbone*

Pada sisi *transmitter* item yang digunakan lebih spesifik seperti *Pseudo-Random Bit Sequence*, *NRZ Pulse Generator*, *CW Laser* dan *Mach-Zehnder Modulator*. Kemudian pada tiap STO menggunakan *WDM Add and Drop* yang digunakan untuk menyisipkan dan mengeluarkan satu atau beberapa kanal pada titik tertentu pada jaringan optik *multiwavelength*. *Power transmitter* yang digunakan sebesar -3 dBm atau setara dengan 0,5 mW. Adapun konsep perancangan dapat dilihat pada Gambar 3.

Perangkat yang digunakan untuk mengukur daya terima menggunakan *Optical Power Meter* (OPM), sedangkan alat ukur BER dan Q-*Factor* adalah BER *Analyzer*. Berikut merupakan hasil pengukuran pada *link* Soreang – Banjaran dengan jarak 11,2 km, nilai Q-*Factor* yang didapat sebesar 10,1004 dan BER sebesar $2.72224e^{-024}$. Standar Q-*Factor* adalah ≥ 6 dan BER $\leq 10^{-9}$ dimana semakin besar pangkat negatifnya maka semakin baik. Nilai hasil perangcangan jaringan memenuhi standar yang ditetapkan, untuk nilai $2.72224e^{-024} = 2.72224 \times 10^{-024}$ sehingga pangkat negatifnya lebih besar dari 10^{-9}. Adapun nilai hasil pengukuran lebih lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 6.



Gambar 4. Diagram rute jaringan *bacbone*

Tabel 6. Power *received* tiap *link*

Link Backbone **(Kecamatan)**	**BER *Analyzer***	
	Q-*Factor*	**BER**
Soreang - Banjaran	10,1004	$2.72224e^{-024}$
Banjaran - Buahbatu	8,37399	$2,67957e^{-017}$
Buahbatu – Margahayu	7,1181	$5,47038e^{-013}$
Margahayu - Soreang	11,9575	$2,77179e^{-033}$

3. Kesimpulan

Perancangan penggelaran jaringan *backbone* optik 4G LTE di Kabupaten Bandung Selatan meliputi 4 kecamatan yaitu Soreang, Banjaran, Buahbatu dan Margahayu. Perancangan menggunakan teknologi WDM-STM16 dan topologi *ring* untuk panjang *link* 48,1 km. *Power* yang didapatkan pada simulasi berturut-turut yaitu -24,457 dBm, -24,640 dBm,-24,862 dBm dan -24,024 dBm, dan selisih dengan perhitungan manual sebesar -6 dBm disebabkan adanya *margin* daya sebesar 6 dBm. Rata - rata hasil perhitungan RTB untuk tiap kecamatan sebesar 61 ps, sedangkan nilai maksimum NRZ dan RZ sebesar 280 ps dan 140 ps. Sehingga perancangan bisa menggunakan salah satu *line coding* tersebut. Nilai BER dan Q-factor yang didapatkan sesuai dengan standar yaitu $\leq 10^{-9}$ dan ≥ 6. Dilihat dari hasil perancangan dapat disimpulkan bahwa, layak untuk implementasikan pada daerah Kabupaten Bandung Selatan.

Ucapan Terima Kasih

Pertama-tama Penulis Ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada Allah SWT atas rahmat dan kuasa-NYA penulis dapat menyelesaikan karya tulis ini, tim penulis yang telah berpartisipasi dalam pembuatan jurnal ini, ibu Erna Sri Sugesti selaku pembimbing penulis, serta lembaga penyelenggara ITN Malang selaku pihak sponsor sehingga penulis dapat menyalurkan aspirasinya dalam karya tulis jurnal ini.

Daftar Pustaka

[1]. Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Inndonesia (APJII). "Pengguna dan Perilaku Internet Indonesia". Buletin APJII, Edisi 23, April 2018. Publishing.
[2]. Badan Pusat Statistik Kabupaten Bandung. "Kabupaten Bandung Dalam Angka 2016 dan 2017". 2016 dan 2017. Published by: BPS-Statistics of Bandung Regency.
[3]. XL Axiata. "Laporan Tahunan 2017 Annual Report Fostering The Digital Nation". 2017. Published by: XL Axiata. Jakarta.
[4]. R. A. I. Asyari, Firdaus, E. Indarto dan I. Nurcahyani. "Perancangan Jaringan Backbone dan Distribusi 4G LTE Di Sleman Berbasis Jaringan Optik". Prosiding SNATIF. 2017.
[5]. A.F. Isnawati dan R. Kurniawati. "Analisis Rise Time Budget dan Pengaruhnya Terhadap Bandwidth Pada Komunikasi Serat Optik Multimode Dengan Alat Bantu Visual Basic 6.0". Vol. 1, No. 1, Mei 2009. Purwokerto.