

PERANCANGAN JARINGAN BACKBONE DAN DISTRIBUSI 4G LTE DI SLEMAN BERBASIS JARINGAN OPTIK

Rifa Atul Izza Asyari¹, Firdaus^{1*}, Eka Indarto¹, Ida Nurcahyani¹

¹ Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia
Jalan Kaliurang Km 14,5 Sleman Yogyakarta

*Email : firdaus@uii.ac.id

Abstrak

Seiring meningkatnya kebutuhan pengguna seluler di seluruh dunia maka 3GPP menggagas suatu teknologi baru generasi keempat 4G long term evolution (LTE). 4G (LTE) adalah teknologi yang memungkinkan sebagai solusi dari permasalahan kapasitas dan kualitas jaringan pada daerah yang memiliki demand cukup tinggi seperti Kabupaten Sleman. Keberhasilan penggelaran 4G LTE didukung oleh jaringan backbone dan jaringan distribusi. Perancangan penggelaran jaringan fiber optik untuk jaringan backbone 4G LTE di Kabupaten Sleman membutuhkan kabel optik G-652 sepanjang 85 km dengan topologi ring dan teknologi WDM-STM64. Jaringan distribusi 4G LTE di Sleman menggunakan teknologi GPON dan kabel optik tipe G984 sepanjang 61,35 km. Nilai power yang diterima pada titik end-point (ONU) -25,010 dBm pada simulasi Optisystem dan -26,626 dB melalui hasil perhitungan real. Nilai tersebut diatas nilai minimum power (receiver sensitivity) -28 dBm yang mengacu pada standar parameter ITU-T G.984.2. Rata-rata nilai rise time adalah 69 ps, nilai tersebut masih dibawah nilai standar maksimum yang diperbolehkan sebesar 70 ps. Bit Error Rate rata-rata link backbone yaitu 5×10^{-4} .

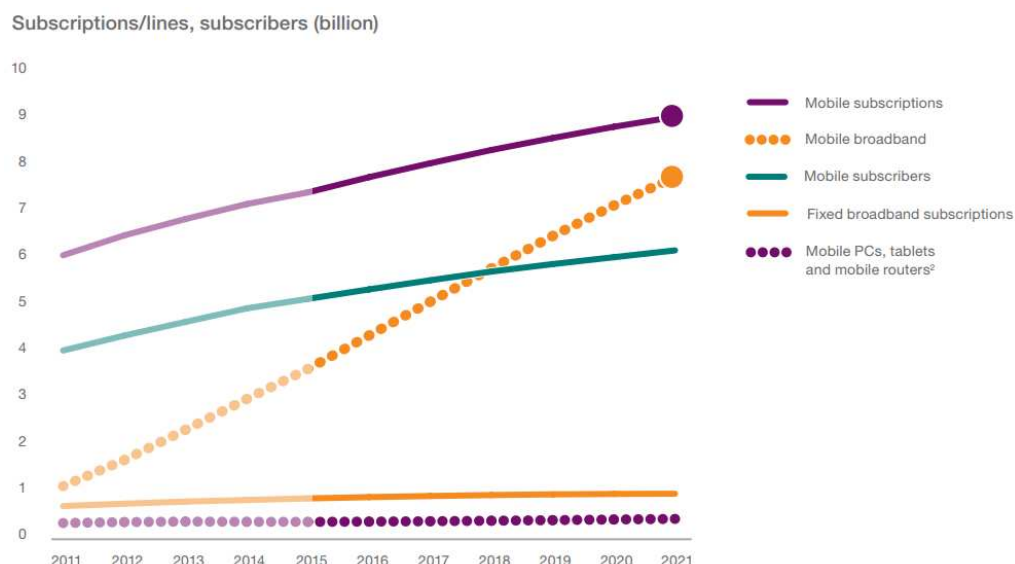
Kata kunci: backbone, distribusi, LTE, optik, sleman

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan masyarakat untuk berkomunikasi jarak jauh tidak hanya suara, tetapi juga video dan data, sehingga dibutuhkan jaringan komunikasi yang mampu memberikan layanan dengan kualitas layanan yang tinggi dan mampu melayani triple play (data, suara dan video) dengan kapasitas bandwidth yang besar. Jumlah pelanggan mobile di seluruh dunia juga mengalami pertumbuhan yang signifikan seperti terlihat pada gambar 1. Peningkatan tersebut berbanding lurus dengan penetrasi pengguna *mobile broadband*, yang diprediksi akan mencapai 7,7 miliar pengguna pada tahun 2021 mendatang. Dengan keunggulan kapasitas yang besar, fiber optics menjadi jawaban atas kebutuhan transmisi data dalam volume yang besar hingga 64 Tbps. Sehingga jaringan fiber optics menjadi solusi dalam implementasi jaringan backbone 4G LTE (*Long Term Evolution*).

LTE merupakan suatu standar teknologi komunikasi nirkabel data berkecepatan tinggi untuk komunikasi bergerak yang berbasis pada perkembangan teknologi GSM/EDGE dan UMTS/HSPA. Teknologi ini dikembangkan secara resmi oleh 3GPP yang juga mengeluarkan standar dan spesifikasi untuk UMTS dan GSM. LTE hadir untuk menjawab permasalahan komunikasi data berkecepatan tinggi yang sudah tidak dapat lagi dilayani oleh teknologi sebelumnya seperti HSPA dan sebagainya. LTE secara khusus dibahas oleh 3GPP melalui suatu releases yang dikenal dengan nama R8 atau rilis 8 bersamaan dengan standar untuk SAE (*System Architecture Evolution*).

Menurut spesifikasi ITU-T suatu teknologi yang dapat diterima sebagai teknologi komunikasi generasi keempat adalah dapat terpenuhinya suatu persyaratan sebagai berikut (3GPP, 2014). Peak Downlink (DL) rate lebih dari 100 Mbps untuk aplikasi mobilitas tinggi dan lebih dari 1000 Mbps untuk aplikasi tetap. Peak Uplink (UL) rate lebih dari 50 Mbps. User Plane Latency rendah, yaitu kurang dari sama dengan 5ms. Berorientasi pada Internet Protocol (IP) Jaringan Packet Switch (PS). *Seamless Mobility* / mobilitas tanpa batas (tak terputus). Memiliki alokasi bandwidth kanal radio yang fleksibel dalam rentang 1,4 MHz hingga 20 MHz dengan optimal hingga 40 MHz.



Gambar 1. Pertumbuhan pelanggan telekomunikasi nirkabel (Ericsson, 2016).

Penelitian tentang perancangan 4G LTE sebelumnya dilakukan oleh Imtiaz dkk pada tahun 2012 yang berjudul *Nominal and Detailed LTE Radio Network Planning Considering Future Deployment in Dhaka City*. Penelitian ini melakukan perencanaan jaringan radio teknologi LTE di kota Dhaka. Proses dari *Radio Network Planning* dalam penelitian ini meliputi pengumpulan informasi *pre-planning* dan *dimensioning* jaringan seperti persiapan link budget, perhitungan *coverage* dan *capacity*. Kemudian dilanjutkan dengan *nominal* dan *detailed planning*, meliputi pemilihan model propagasi, menentukan *threshold link budget*, membuat *detailed radio plan* berdasarkan pada *threshold*, memeriksa kapasitas jaringan terhadap estimasi trafik yang lebih detail, perancangan konfigurasi, *survey site*, *pre-validasi* dan *validasi site*, dan perencanaan parameter eNodeB (Imtiaz dkk, 2012).

Penelitian lain dilakukan oleh Ariyanti dkk, perancangan jaringan 4G LTE di wilayah Jabodetabek yang meliputi pengalokasian frekuensi, penentuan jumlah eNodeB, *coverage planning* maupun *capacity planning*. Penelitian ini bertujuan memberikan gambaran site yang diperlukan untuk penerapan teknologi LTE pada frekuensi 1800 MHz dan 2100 MHz. Metode penelitian menggunakan pendekatan data kuantitatif yaitu menghitung jumlah site yang dibutuhkan untuk menggelar jaringan LTE. Hasil penelitian menunjukkan jumlah eNodeB yang dibutuhkan untuk membangun jaringan LTE pada daerah Jabodetabek dengan jumlah pelanggan yang dilayani pada tahun pertama sebesar 2.02 juta, bandwidth 10 MHz pada frekuensi 1800 MHz dan 2100 MHz yaitu sebanyak 2546 buah (Ariyanti, 2014).

Penelitian berikutnya dilakukan oleh Zubi dkk yaitu perancangan jaringan radio LTE di kota Tripoly melalui beberapa tahap: *site survey*, perencanaan frekuensi yang digunakan, *link budget* dan *coverage planning* dan *capacity planning*. Daerah dibagi menjadi tiga area yaitu *dense urban*, *urban* dan *sub urban*. Frekuensi yang digunakan adalah 1800 MHz dengan bandwidth 20 MHz Teknologi yang digunakan yaitu LTE-FDD, menggunakan *soft frekuensi reuse* (SFR 1*3*1), dan diasumsikan *cyclic prefix normal*. Penelitian tersebut juga mengukur performansi untuk arah *uplink* maupun *downlink* dengan membandingkan modulasi QPSK, 16QAM dan 64QAM. Berdasarkan hasil simulasi diperoleh kesimpulan bahwa BER vs SNR dan BLER vs SNR berbeda-beda tergantung pada beberapa parameter seperti skema modulasi, *code rate* dan konfigurasi antena. Performansi akan meningkat seiring dengan penambahan jumlah antena di penerima (Zubi, 2014).

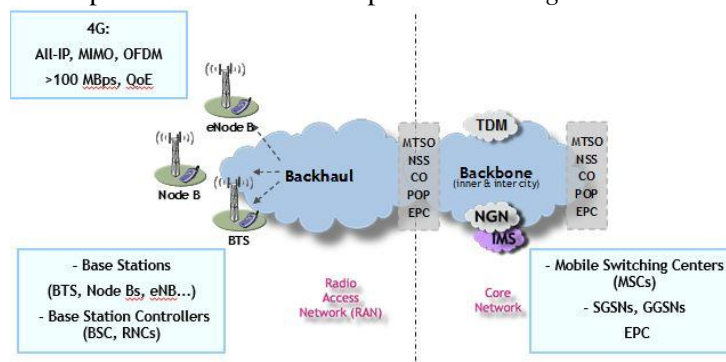
Penelitian selanjutnya oleh Dinni dkk yaitu optimalisasi jaringan 4G di wilayah Sleman menggunakan algoritma genetika. Penggunaan Algoritma Genetika sebagai salah satu alternatif mencari kombinasi BTS existing untuk perancangan jaringan 4G LTE di Kabupaten Sleman dapat memberikan solusi yang optimal, baik jika dilakukan tiap kecamatan maupun dilakukan secara global. Optimasi dilakukan untuk mengetahui dan mencari kombinasi BTS existing untuk perancangan jaringan 4G Long Term Evolution (Dinni, 2015).

Penelitian-penelitian sebelumnya fokus pada penentuan jumlah dan lokasi eNodeB. Penelitian ini fokus pada perancangan jalur backbone dan distribusi jaringan 4G LTE, khususnya di Sleman. Merancang jaringan backbone dan distribusi 4G LTE yang optimal sesuai dengan kebutuhan kapasitas yang mendasari diimplementasikannya jaringan 4G LTE di Sleman. Menganalisa proses perhitungan *power link budget* dan *rise time budget fiber optics*, kemudian melakukan simulasi menggunakan software *Optisystem10.0*. Hasil penelitian ini diharapkan bisa menjadi model acuan untuk pengembangan perancangan jaringan *backbone* 4G LTE menggunakan *fiber optics* bagi operator dan sebagai bahan acuan untuk pembuatan regulasi/peraturan dalam perancangan serat optik.

2. METODOLOGI

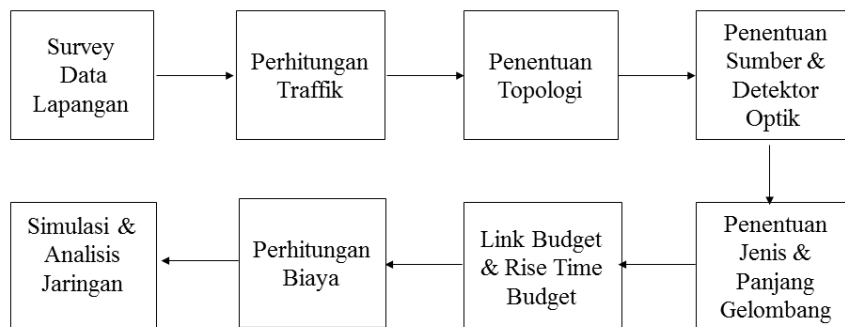
Backbone yaitu saluran atau koneksi berkecepatan tinggi yang menjadi lintasan mutlak dalam suatu jaringan. Jaringan backbone yaitu jaringan yang menghubungkan sekian banyak jaringan dengan kecepatan tinggi melalui gateway. Dengan memakai jaringan backbone, masalah kecepatan interkoneksi antar jaringan lokal bisa teratasi. Gambar 2 dibawah adalah ilustrasi jaringan backhaul-backbone pada jaringan komunikasi seluler, khususnya 4G LTE (Gerald, 2002)

Jaringan *backhaul* yang menghubungkan antara perangkat jaringan akses dengan jaringan core biasanya dibagi menjadi dua segmen. Pembagi kedua segmen tersebut biasa disebut dengan agregasi (*aggregation*). Agregasi ini dibutuhkan untuk memudahkan manajemen jaringan backhaul. Pada sisi jaringan akses ada BTS-2G, NodeB-3G, eNodeB-4G, dan *group controller* seperti BSC dan RNC. Antara perangkat agregasi dengan jaringan core disebut dengan jaringan agregasi, sedangkan antara perangkat agregasi dengan jaringan akses disebut dengan jaringan *backhaul*. Untuk segmen jaringan agregasi biasanya menggunakan tipe jaringan *full mesh*, sedangkan tipe jaringan yang digunakan pada *backhaul* adalah tipe *tree* atau *ring*.



Gambar 2. Jaringan backhaul-backbone pada komunikasi seluler

Perancangan sistem pada penelitian kali ini dilalui dalam beberapa tahapan demi tahapan, hal tersebut ditampilkan melalui diagram alir sebagaimana pada Gambar 3.



Gambar 3. Alur perancangan

2.1 Perhitungan Traffik

Tahap estimasi pelanggan dilakukan agar nantinya jalur backbone dapat mencukupi kebutuhan jaringan 4G LTE. Besar populasi Sleman sebanyak 850.221 jiwa dan penetrasi seluler nasional menurut KOMINFO sebesar 150%, sehingga didapat estimasi pelanggan seluler secara keseluruhan. Data tersebut dikali dengan penetrasi operator A sebesar 42 % 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 dibawah ini.

Tabel 1. Estimasi Jumlah Pelanggan Tahun Pertama

No	Variabel	Nilai
1	Populasi Sleman (A)	850221
2	Penetrasi seluler Indonesia (B)	150%
3	Estimasi pelanggan seluler (C = A x B)	1275331
4	Penetrasi operator A (D)	42%
5	Estimasi pelanggan operator A (E = C x D)	535639
6	Penetrasi layanan LTE (F)	20%
7	Asumsi pelanggan LTE operator A (Fx E)	107128

Estimasi pelanggan masing-masing kecamatan di Kabupaten Sleman ditampilkan pada Tabel 2. Dengan asumsi pertumbuhan pelanggan operator A berdasarkan Annual Report 2013 yakni sebanyak 5,1 % dari total pelanggan seluruhnya maka selama 5 tahun terdapat kenaikan estimasi jumlah pelanggan sebanyak 30250 user.

Tabel 2. Tabel estimasi pelanggan tiap kecamatan tahun 2013

Kecamatan	Luas (km ²)	Total	user/km ²	%	Kecamatan	Luas (km ²)	Total	user/km ²	%
Berbah	22,99	5068	221	5%	Ngaglik	38,52	8312	216	8%
Cangkringan	47,99	3321	70	3%	Ngemplak	35,71	5592	157	5%
Depok	35,55	13746	387	13%	Pakem	43,84	3870	89	4%
Gamping	29,25	8289	284	8%	Prambanan	41,35	5544	135	5%
Godean	26,84	7213	269	7%	Seyegan	26,63	5311	200	5%
Kalasan	35,84	6882	193	6%	Sleman	31,31	6999	224	7%
Minggir	27,27	4355	160	4%	Tempel	32,49	5845	180	5%
Mlati	28,52	8447	297	8%	Turi	43,09	4101	96	4%
Moyudan	27,26	4233	156	4%	Total	574,46	107128	3334	100%

2.2 Penentuan Topologi

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*.

Dari hasil survey maka Kabel yang digunakan pada perencanaan ini adalah kabel darat yang mempunyai 96 inti serat. Kabel ini akan ditanam dalam tanah dengan kedalaman kurang lebih 1,5 m. Detail kebutuhan kabel bisa dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Kebutuhan kabel untuk link backbone dan distribusi.

Link Backbone	Kabel (km)	Link Distribusi	Kabel (km)
Seyegan-Tempel	10,1	Seyegan-Minggir	11,65
Tempel-Pakem	18,8	Seyegan-Moyudan	10,4
Pakem-Ngemplak	9,5	Seyegan-Godean	9,3
Ngemplak-Kalasan	8,4	Pakem-Turi	6,3
Kalasan-Depok	12,8	Pakem-Cangkringan	7,7
Depok-Gamping	13,6	Kalasan-Berbah	8,6
Gamping –Seyegan	11,7	Kalasan-Prambanan	7,4
Total	84,9 km	Total	61,35

2.3 Penentuan Sumber Optik dan Detektor Optik

Sumber optik untuk jarak dekat adalah LED, sedangkan untuk jarak jauh umumnya digunakan Laser Diode (LD). Kemudian langkah Selanjutnya perlu menentukan detektor optic, pilihan detektor optik ada dua: *PIN photodiode* dan *Avalanche photodiode*. Laser diode dipilih karena mempunyai karakteristik yang handal yaitu dapat memancarkan cahaya dengan intensitas tinggi, stabil, dan fokus. Detektor *Avalanche photodiode* dipilih karena dapat meningkatkan sensitivitas receiver hingga 10 dB dan mempunyai sensitifitas tinggi.

2.4 Penentuan Jenis dan Panjang Gelombang

Perangkat STM-16 dan STM-64 yang diintegrasikan dengan teknologi DWDM hanya membutuhkan satu pasang core optik untuk menghubungkan bagian transmitter dengan bagian receiver. STM-64 dipilih karena merupakan struktur tertinggi didalam jaringan SDH dan mampu memberikan kecepatan hingga 10 Gbps. Kecepatan ini sudah memenuhi standar kecepatan teknologi backbone dengan transmisi dalam jumlah besar pula.

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 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.

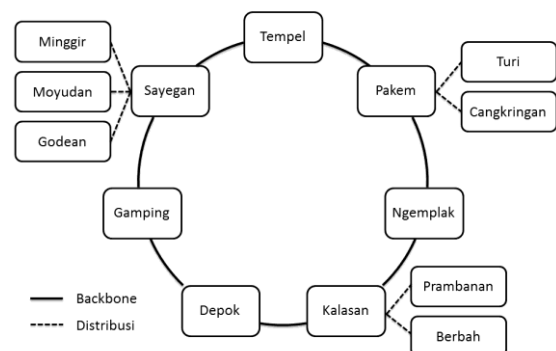
Pada perancangan ini *single mode* dipilih karena dapat membawa data dengan *bandwidth* yang lebih besar dibandingkan dengan *multimode*, dapat membawa data dengan lebih cepat dan 50 kali lebih jauh dibandingkan dengan *multimode*. Core yang digunakan juga lebih kecil dari *multimode* dengan demikian gangguan-gangguan di dalamnya akibat distorsi dan *overlapping* pulsa cahaya menjadi berkurang. Inilah yang menyebabkan *single mode fiber optic* menjadi lebih reliabel, stabil, cepat, dan jauh jangkauannya.

2.5 Penentuan Rute Jaringan Optik

Dalam perancangan jaringan optik untuk distribusi 4G LTE diperlukan adanya penentuan coverage dan rute transmisi jaringan agar dapat mengetahui daerah perancangan serta dapat mengetahui besar power budget. Jaringan utama/*backbone* perlu dirancang agar optimal dan sinyal yang dikirim sampai ke *end-point* sesuai dengan yang standar. Sistem pengkabelan backbone terdiri dari kabel backbone, *main cross-connect*, *horizontal cross-connect*, terminasi mekanikal, dan *patch cord* (jumper) yang digunakan untuk koneksi silang *backbone-to-backbone*. Gambar 4 dan 5 dibawah ini adalah gambar rute jaringan *backbone* optik dan transmisi wilayah Sleman.



Gambar 4. Rute jaringan backbone sleman



Gambar 5. Rute backbone-distribusi

2.6 Parameter Perencanaan Jaringan Serat Optik

Parameter perencanaan yang digunakan pada jaringan ini, disesuaikan dengan standar yang berlaku di ITU-T G 6.55. Parameter perencanaan serat optik tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Parameter perencanaan jaringan serat optik

Data Teknis Perencanaan Link Sleman		Pengirim (Transmitter)	
Bit rate (B)	10 Gbps (STM-64)	Rise time	60 ps
Jarak link (L_{link})	84,9 km	Lebar spektral	0.1 nm
Format modulasi	NRZ	Daya transmit	9 dBm
Panjang gelombang operasi	1550 nm	Penerima (Receiver)	
Margin operasi (Ms)	3dB	Rise time	35 ps
Komponen Tambahan		Sensitivitas minimum	-38 dBm
Redaman Konektor	0,3 dB/konektor	Serat Optik Single Mode : ITU-T G6.55	
Redaman Splice	0,05 dB/splice	Attenuasi	0.3 dB/km
Gain Edfa (G)	20 dB	Dispersi kromatik (D)	3,5 ps/nm.km

2.7 Link Power Budget

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). Dengan memperhatikan redaman kabel OLT-ODC, redaman kabel, redaman kabel ODP-ONU, redaman splitter ODC, redaman splitter ODP, redaman splice, redaman splicing, dan redaman konektor maka diperoleh perhitungan nilai loss sebagaimana pada tabel 5.

Tabel 5. Nilai loss tiap link

Link Distribusi	Total Loss	Link Distribusi	Total Loss
Kalasan – Prambanan	15,19 dB	Seyegan – Godean	15,85 dB
Kalasan – Berbah	15,61 dB	Pakem – Turi	14,65 dB
Seyegan – Moyudan	16,24 dB	Pakem – Cangkringan	15,29 dB
Seyegan – Minggir	16,67 dB		

2.8 Rise Time Budget

Nilai rise time total untuk link distribusi masih dibawah maksimum rise time, yaitu sebesar 0,2272 ns (*uplink*) dan 0,2375 ns (*downlink*). Nilai maksimum rise time adalah 70 persen dari satu periode bit untuk data NRZ (*Non-Return-to-Zero*), yaitu 0.2917 ns (*uplink*) dan 0,5833 ns (*downlink*). Berarti dapat disimpulkan bahwa sistem memenuhi rise time budget.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Backbone Link

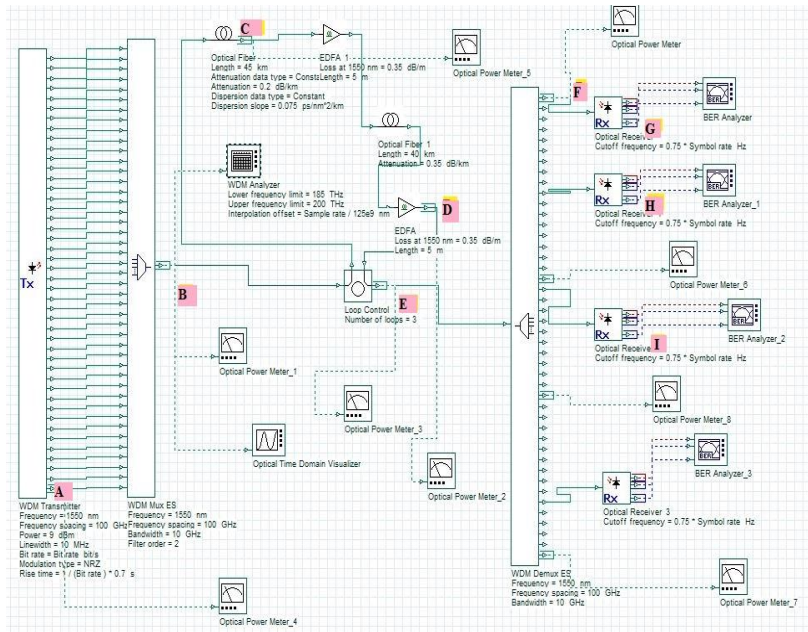
Simulasi menggunakan *Optisystem 10*, yang pertama dilakukan untuk mengetahui backbone link loss kemudian tahap selanjutnya dilakukan simulasi link distribusi berdasarkan parameter yang ada di bab 2 dengan rancangan jaringan seperti pada gambar 6. Hasilnya akan diketahui seberapa besar link loss pada jaringan backbone dan distribusi yang telah dirancang. Tabel 6 dibawah ini adalah data parameter *backbone link loss*.

Tabel 6. Parameter kabel fiber optik

Deskripsi	Nilai	Deskripsi	Nilai
Panjang gelombang	1550 nm	Tipe propagasi	exponential
Jarak	85 km	Tipe perhitungan	noniterative
Redaman	0.35 dB/km	Jumlah iterasi	2
Tipe dispersi	konstan	Tahap	Variabel
Dispersi	1,8-6 ps/nm/km	Batas kondisi	berkala
Kemiringan Dispersi	0.075 ps/nm ² /km	Filter	0.05
Perbedaan slot	0.2 ps/km	Kalkulasi terendah	1200 nm
Model tipe	Scalar	Kalkulasi tertinggi	1700 nm

Hasil total power pada simulasi *Optisystem* membuktikan bahwa sistem telah dirancang dengan benar dan parameter juga telah sesuai dengan hasil perancangan. Output pada sistem perancangan menunjukkan hasil bervariasi dari input awal link backbone sebesar 9 dBm. Power pada titik A sebesar 11,44 dBm, pada titik B sebesar -14,37 dBm, pada titik C sebesar -42,21 dBm,

dan pada titik D sebesar -52,84 dBm. Simulasi yang digunakan pada optisystem mendapatkan hasil yang bagus pada nilai BER yaitu dengan minimum BER sebesar 5×10^{-4} .



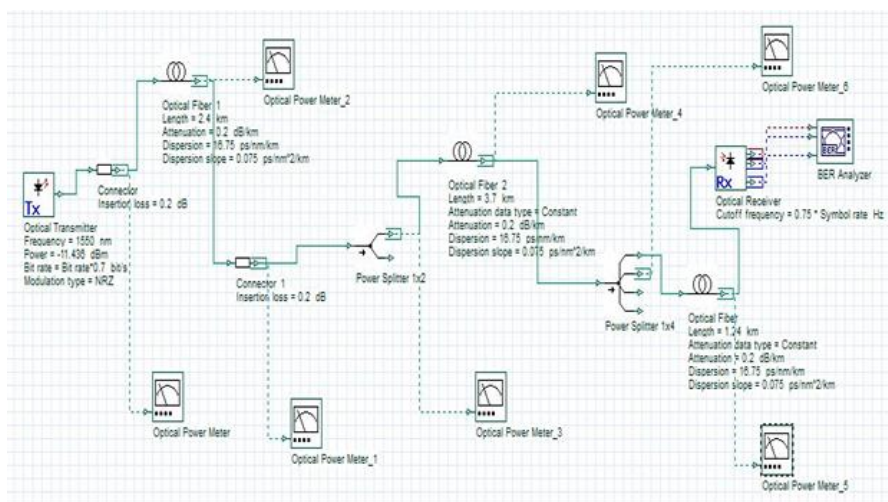
Gambar 6. Perancangan jaringan backbone di Optisystem 10

3.2 Link Distribusi

Simulasi menggunakan Optisystem 10 dilakukan untuk mengetahui seberapa besar link loss pada jaringan distribusi yang telah dirancang. Tabel 7 adalah data parameter *backbone link loss*.

Tabel 7. Konfigurasi hardware

Jenis Peralatan	Nilai	Jenis Peralatan	Nilai
Fiber optik	Redaman = 0.2 dB/km	Photodetector	Responsivity = 0.9 A/W
	Dispersi = 16.75 ps/nm/km	Band-pass filter	0.75*bit rate
	Jarak = 2-20 km	Splitter bidirectional	1x2 – 1x4
Laser diode	Power = 10 dBm		



Gambar 7. Simulasi distribusi Link Loss dengan Optisystem

Setelah desain dibuat dengan data parameter, kemudian dilakukan perhitungan *loss power budget* dengan menggunakan software simulasi *OptiSystem 10* dengan menggunakan daya 11 dBm seperti pada gambar 7. Hasil di Optisystem yang menunjukkan hasil -25,01 dBm seperti pada

gambar berbeda dengan hasil perhitungan yang diambil untuk salah satu perbandingan yaitu link kalasan yang mempunyai nilai -26,63 dBm. Hasil diatas masih sesuai dengan range yang ditentukan yaitu nilai minimum power (*receiver sensitivity*) pada *receiver* (Rx) yaitu -21 dBm untuk *downlink* dan -28 dBm untuk *uplink* (mengacu pada standar parameter ITU-T G.984.2).

3.3 Rancangan Biaya

Rancangan biaya mempertimbangkan biaya konstruksi, biaya survey-instalasi-pengukuran, biaya *right of way*, pajak, konsultan, biaya manajemen konstruksi, dan biaya pengelolaan proyek. Biaya konstruksi meliputi *main equipment, common unit, cross connect unit, multiplexer unit, amplifier unit, transponder, power cable, patch cord, software charge, ODF, management system*, dan kabel serat optik.

4. KESIMPULAN

Perancangan penggelaran jaringan fiber optik untuk jaringan backbone 4G *Long Term Evolution* di Kabupaten Sleman membutuhkan kabel optik G-652 sepanjang 85 km dengan topologi ring dan teknologi WDM-STM64. Perancangan link distribusi untuk jaringan distribusi 4G LTE di Sleman menggunakan teknologi GPON dan kabel optik tipe G984 sepanjang 61,35 km. Nilai power yang diterima pada *end-point* (ONU) yaitu -25,010 dBm pada simulasi optisystem dan -26,626 dBm melalui hasil perhitungan. Nilai tersebut masih bagus, karena nilai minimum power (*receiver sensitivity*) adalah -28 dBm yang mengacu pada standar parameter ITU-T G.984.2 untuk link distribusi GPON. Rata-rata nilai *rise time* adalah 69 ps, nilai tersebut masih dibawah nilai standar maksimum yang diperbolehkan (70 ps). BER rata-rata link *backbone* sebesar 5×10^{-4} .

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih pada DPPM UII yang telah memberikan hibah pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- 3GPP, (2014), Overview of 3GPP Release 8 V0.3.3.
- Ariyanti, S, (2014), Study of Long Term Evolution Network Planning in Jabodetabek Case Study of PT. Telkomsel, Buletin Pos dan Informatika Vol.12 No. 4, pp. 255 – 268.
- Dinni, MFR., (2015), Implementasi Algoritma Genetika Pada Optimasi Perancangan Jaringan 4G Long Term Evolution Berbasis BTS Existing Kabupaten Sleman, *Tugas Akhir*, Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia.
- Ericsson, (2016), Ericsson Mobility Report, On The Pulse Of The Networked Society.
- El-Feghi, Zubi, Z.S., dan Algabroun, (2014), Long Term Evolution Network Planning and Performance Measurement , Recent Advances in Image, Audio and Signal Processing pp. 171-176.
- Gerald, J.F. and Dennis, A, (2002), *Backbone Networks, Business Data Communications and Networking 7th*, John Wiley & Sons.
- Imtiaz, N, Hoqqe, M.A., Islam, K.K , (2012), Nominal and Detailed LTE Radio Network Planning Considering Future Deployment in Dhaka City, International Journal of Computer Applications 50(17), pp.37-44.