

ANALISIS PERENCANAAN TERHADAP PERFORMANSI *BACKHAUL* BERBASIS WI-FI 802.11N UNTUK Mendukung Jaringan LTE di Daerah *RURAL*

PLANNING ANALYSIS ABOUT THE PERFORMANCE OF WI-FI 802.11N BASED *BACKHAUL* FOR LTE NETWORK ON *RURAL* AREA

Ari Sadewa Yogapratama¹, Uke Kurniawan Usman, Ir.,M.T.², Tody Ariefianto Wibowo, S.T.,M.T.³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik, Universitas Telkom

¹ari.sadeway@gmail.com, ²usman.uke@gmail.com, ³tody.wibowo@gmail.com

Abstrak

Pembangunan jaringan LTE umumnya masih dipusatkan pada daerah perkotaan dan tidak menutup kemungkinan beberapa waktu ke depan, daerah *rural* (pedesaan) juga dapat menikmati layanan data berkecepatan tinggi ini. Namun trafik di daerah pedesaan tidak sebesar perkotaan. Untuk itu penyelenggara atau operator memerlukan *backhaul* yang tidak hanya handal namun juga efisien dari segi kapasitas, transmisi, maupun implementasi agar dapat mengantarkan layanan LTE ini ke daerah pedesaan.

Pada *paper* ini, dibahas tentang analisis perencanaan pada performansi *backhaul* berbasis Wi-Fi 802.11n. *Backhaul* berbasis Wi-Fi dipilih karena dapat beroperasi pada frekuensi *unlicensed* sehingga lebih cepat dalam pengimplementasiannya dibandingkan *microwave* maupun *fiber optic* karena tidak terkendala regulasi. Selain itu, *backhaul* berbasis Wi-Fi memiliki kapasitas yang cukup untuk menampung kebutuhan trafik di daerah *rural*. Pada tugas akhir ini juga dibahas mengenai pemilihan skenario yang efektif dalam merancang jaringan LTE di daerah *rural*. Di sisi *backhaul*, parameter performansi yang diinginkan yaitu: daya terima -77.23 dBm (untuk memenuhi BER 10⁻⁶ dan data rate 50 Mbps), dan *availability* > 99.99% dengan menggunakan bandwidth 20 MHz.

Berdasarkan hasil perhitungan dan simulasi, skenario perancangan LTE di daerah *rural* yang paling efektif adalah dengan menggunakan frekuensi 900 MHz dan bandwidth 5 MHz. Sedangkan dari perancangan *backhaul*, diperoleh daya terima >-75 dBm dan *availability* > 99.99%. Hal ini berarti parameter performansi yang diinginkan dapat tercapai sehingga dapat disimpulkan bahwa *backhaul* berbasis Wi-Fi dapat bekerja dengan baik untuk menghubungkan jaringan LTE di daerah *rural*.

Kata kunci : LTE, *rural*, *backhaul*, Wi-Fi

Abstract

Development of LTE networks are still largely concentrated in urban areas and did not rule out some time in the future, *rural* areas can also enjoy this high-speed data services. However, traffic in rural areas is not as big as urban. Therefore, the operators require *backhaul* not only reliable, but also efficient in terms of capacity, transmission, and implementation in order to deliver LTE service to rural areas.

In this paper, the performance analysis based *backhaul planning* on Wi-Fi 802.11n is shown. Wi-Fi-based *backhaul* chosen because it can operate in unlicensed frequency that is faster in its implementation than the microwave and fiber optic because it is not constrained by regulation. In addition, Wi-Fi-based *backhaul* has sufficient capacity to accommodate the needs of traffic in rural areas. In this thesis also discussed about the scenarios that are effective in designing LTE network in rural areas. On the side of the *backhaul*, the desired performance parameters, namely: -77.23 dBm received power (to meet the BER of 10⁻⁶ and a data rate of 50 Mbps), and the availability of > 99.99% by using a bandwidth of 20 MHz.

Based on the results, the most effective scenario for designing LTE in rural areas is to use 900 MHz band and a bandwidth of 5 MHz. While the design of *backhaul*, gained power received >-75 dBm and *availability* > 99.99%. This means that the desired performance parameters can be achieved. It can be concluded that the Wi-Fi-based *backhaul* can work well to connect the LTE network in rural areas.

Keywords: LTE, *rural*, *backhaul*, Wi-Fi

1 Pendahuluan

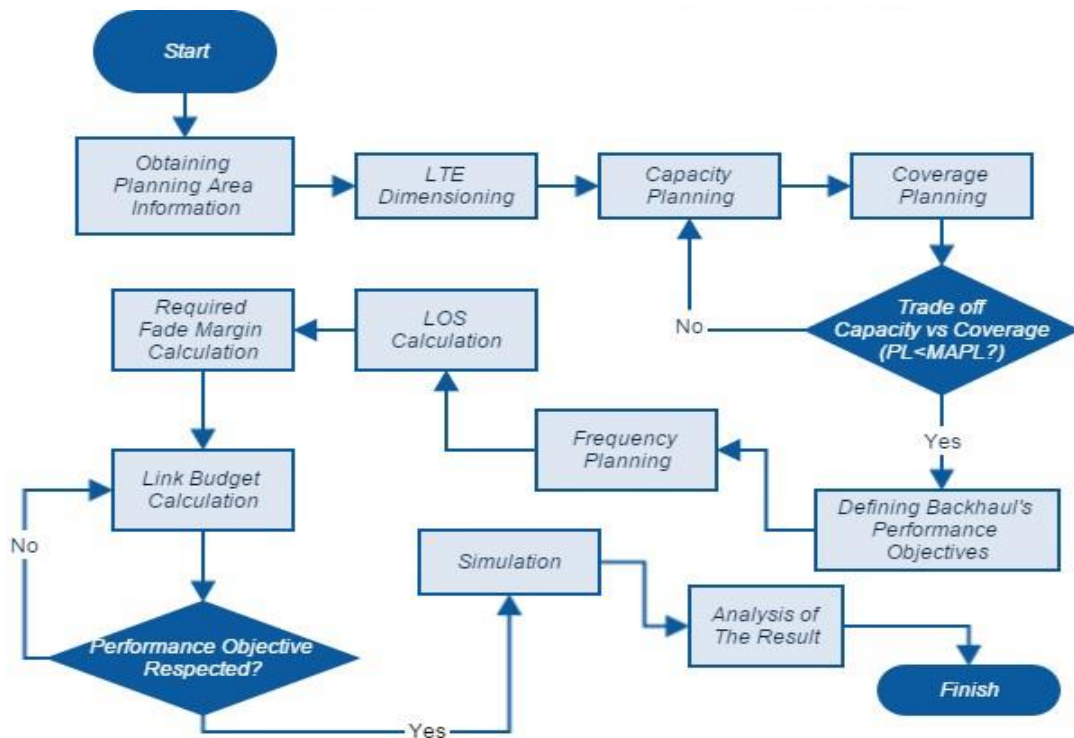
Pengimplementasian jaringan LTE di daerah *rural* memerlukan perencanaan yang matang. Dalam perencanaannya operator tentu mempertimbangkan faktor biaya karena jumlah pelanggan di daerah pedesaan tidak sebanyak perkotaan. Untuk itu operator memerlukan *backhaul* yang tidak hanya murah tapi juga efisien untuk menyalurkan LTE ke daerah *rural*.

Pada *paper* ini dibahas mengenai pemanfaatan teknologi Wi-Fi 802.11n sebagai *backhaul* untuk jaringan LTE. Tujuannya adalah untuk mencari teknologi alternatif selain *microwave* dan *fiber optic* yang efisien untuk mengantarkan LTE ke daerah pedesaan. Pada *paper* ini juga dibahas mengenai bagaimana merancang *link backhaul* berbasis Wi-Fi agar

indikator performansi dapat tercapai namun tetap mengikuti batasan-batasan regulasi yang telah ditetapkan. Namun sebelum melakukan perencanaan *link backhaul*, dilakukan perancangan jaringan LTE menggunakan 4 skenario. Skenario I : LTE 900MHz dengan *bandwidth* 5 MHz, skenario II: LTE 900 MHz dengan *bandwidth* 20 MHz, skenario III: LTE 1800 MHz dengan 5 MHz, dan skenario IV: LTE 1800 MHz dengan *bandwidth* 20 MHz. Dari keempat skenario tersebut, akan ditentukan skenario mana yang efisien serta realistis untuk direalisasikan.

2 Teori dan Tahap Perancangan

Sebelum merancang *backhaul*, hal yang harus diketahui adalah kebutuhan jaringan LTE pada daerah yang ditinjau. Kebutuhan tersebut antara lain *traffic demand*, kapasitas sel, serta jumlah sel. Parameter tersebut perlu diketahui agar seorang *engineer* dapat mengetahui spesifikasi *backhaul* seperti apa yang harus digunakan agar kebutuhan tersebut dapat terpenuhi.



Gambar 2.1 Flowchart perancangan *backhaul*

2.1 LTE Capacity Planning [1]

Perencanaan berdasarkan kapasitas membutuhkan data statistik penduduk di daerah yang akan dilakukan perancangan. Data ini dibutuhkan guna mengestimasi jumlah *user* beberapa tahun kedepan. Secara umum, langkah langkah dalam melakukan perencanaan jaringan berdasarkan kapasitas yaitu: Menghitung estimasi jumlah pelanggan beberapa tahun kedepan, Menghitung *throughput* per layanan, Menghitung *single user throughput* untuk mengetahui *throughput* rata-rata satu *user*, menghitung *network throughput* dan kapasitas sel, menentukan jumlah sel yang dibutuhkan berdasarkan kapasitas yang diminta

2.1.1 Estimasi Jumlah Pelanggan [2]

Jaringan yang dirancang harus mampu memenuhi peningkatan kebutuhan trafik beberapa tahun ke depan. Untuk itu perlu diprediksi jumlah *user* untuk beberapa tahun yang akan datang dengan menggunakan persamaan (2.1) [2].

$$P_n = P_0(1 + GF)^n \tag{2.1}$$

P_n adalah jumlah penduduk tahun ke- n , GF faktor pertumbuhan penduduk, dan P_0 merupakan jumlah penduduk tahun ke-0 (tahun saat perencanaan). Tidak semua penduduk menggunakan layanan LTE, untuk itu jumlah *user* operator X yang menggunakan layanan LTE dapat diprediksi dengan persamaan:

$$C = P_n \times A \times B \times X \tag{2.2}$$

Dengan : P_n = jumlah penduduk tahun ke-n; A = persentase jumlah penduduk usia produktif; B = persentase *market share operator X*; C = persentase penetrasi *user LTE operator X*

2.1.2 Throughput Layanan [3]

LTE memiliki berbagai macam layanan seperti VoIP, *video conference*, dan lain lain. Tiap layanan ini memiliki karakteristik *throughput* yang berbeda beda. *Throughput* tiap layanan dapat diperoleh dengan rumus:

$$T = \frac{C}{ST} \times SDR \times \left[\frac{1}{1 - BLER} \right] \tag{2.3}$$

Dimana: *ST (Session Time)* merupakan rata-rata durasi penggunaan tiap layanan (s), *SDR (Session Duty Ratio)* rasio data yang dikirimkan tiap sesi, dan *BLER* merupakan rasio jumlah *block yang error* dalam satu sesi.

2.1.3 Single user dan Network Throughput [3]

Setiap *user* memiliki kebiasaan yang beragam dalam menggunakan layanan LTE. *Throughput* tiap *user* pada kondisi jam sibuk dapat diperoleh dengan persamaan berikut:

$$SUT = \frac{(\sum_{i=1}^n T_i \times SDR_i \times \left[\frac{1}{1 - BLER_i} \right] \times (1 + PAR))}{3600} \tag{2.4}$$

Dimana: *SUT : Single user Throughput* (kbps); *BHSA* : Inisiasi penggunaan layanan selama jam sibuk; *Penetration rate*: penetrasi penggunaan layanan di daerah yang ditinjau; *PAR (Peak to Average Ratio)* : Presentase lonjakan trafik sesuai tipe daerah (0% untuk rural). Setelah diperoleh *throughput* tiap *user*, langkah selanjutnya yaitu menentukan kebutuhan *throughput* keseluruhan (*network throughput*) pada area yang ditinjau.

$$NT = \sum_{i=1}^n SUT_i \tag{2.5}$$

2.1.4 Kapasitas Sel [3]

Kapasitas sel dapat diperoleh dengan menggunakan pendekatan berikut:

$$C_{cell} = (168 - 36 - 12) \times C_b \times C_d \times N_{rb} \times C \times 1000 \tag{2.6}$$

$$C_{cell} = (168 - 24 - 12) \times C_b \times C_d \times N_{rb} \times C \times 1000 \tag{2.7}$$

Dengan: $CRC = 24$, C_b (Code bits) = efisiensi modulasi, C_d (*Code rate*) = *channel coding rate*, N_{rb} = jumlah *reseouce block* yang digunakan, dan C = *mode* antena MIMO.

2.1.5 Cell Dimensioning [3]

Jumlah sel yang dibutuhkan untuk mengakomodasi trafik berdasarkan perhitungan *capacity planning* dapat diperoleh dengan persamaan:

$$N_{cell} = \frac{NT}{C_{cell}} \tag{2.8}$$

2.2 LTE Coverage Planning [4]

Coverage planning bertujuan untuk memprediksi cakupan sel berdasarkan kemampuan perangkat yang digunakan. Proses perhitungannya disebut *link budget calculation*.

Tabel 2.1 Uplink Budget [4]

UE	a. Max. transmit power	23	dBm
	b. Cable losses	0.5-2	dB
	c. Body loss	0	dB
	d. Antenna again	0	dBi
	e. EIRP	21	dBm, (a- b-c+d)
eNB	f. Antenna gain	15	dBi
	g. Feeder loss	2	dB
	h. Noise figure (NF)	5	dB
	i. Thermal noise	-110.4	dBm, (KTB)
	j. Receiver noise floor	-105.4	dBm, (h+i)
	k. CINR	-5	dB, From simulations
	l. Receiver sensitivity	-106.8	dBm, or (j+kl)
	m. Max. channel loss	140.8	dB (e+ f- g- l)

Tabel 2.2 Downlink budget [4]

eNB	a. Max. transmit power	43	dBm
	b. Feeder losses	2	dB
	c. Antenna again	15	dBi
	d. EIRP	66	dBm, (a- b+ c)
UE	e. Antenna gain	0	dBi
	f. Body loss	0	dB
	g. Cable loss	2	dB
	h. Noise figure (NF)	9	dB
	i. Thermal noise	-104	dBm (KTB)
	j. Receiver noise floor	-95	dBm (h+ i)
	k. CINR	-5	From simulations
	l. Receiver sensitivity	-91	dBm, or (i+ kl)
	m. Max. channel loss	155	dB (d+ e- f- g- l)

2.3 Backhaul Planning

Backhaul harus mampu menampung jumlah trafik sesuai kapasitas sel yang telah diperoleh pada perhitungan *capacity planning*. Apabila diperoleh kapasitas per sel 50 Mbps, maka *backhaul* sel tersebut juga harus memiliki kapasitas paling sedikit 50 Mbps.

2.3.1 Quality Objectives

Setiap operator berhak menentukan sendiri sasaran kualitas *link backhaul* yang ingin dicapai. Sasaran kualitas ini dapat berupa *bit error ratio* (BER) maupun *data rate*. Untuk meraih BER dan *data rate* yang diinginkan, maka *level* daya terima pada stasiun penerima harus sesuai dengan nilai hasil dari persamaan (2.9) [6]:

$$\frac{P_r}{N_r} = \frac{P_t}{N_t} + G - L - MI \tag{2.9}$$

Dimana: C/N_{req} = Nilai *Carrier to Noise* yang dibutuhkan untuk performansi yang diinginkan (dB); E_b/N_o = Energi *carrier* yang diterima tiap bit (dB); R = *Data rate* transmisi yang diinginkan (Mbps); BW = *Bandwidth* yang digunakan (MHz); CG = *Coding gain* (dB); MI = *Margin* implementasi (umumnya 3-5 dB).

2.3.2 Fading Margin [5]

Fading margin berguna untuk mengantisipasi fluktuasi daya sinyal di penerima akibat adanya gangguan yang disebabkan oleh hujan, *multipath*, dan lain lain. Gejala *fading* yang paling dominan adalah *fading* yang disebabkan redaman hujan dan *multipath*. Nilai *fading margin* diambil dari nilai redaman terbesar antara hujan dan *multipath*. Redaman hujan dapat diperoleh dengan persamaan berikut:

$$A = R \times D^2 \tag{2.10}$$

Dimana: A = redaman karena hujan (db), R = besarnya curah hujan (145 mm/jam untuk *availability* 99.99% pada *rain zone* tipe P), D = panjang lintasan (km). Sedangkan untuk *fading* yang disebabkan oleh *multipath* dapat dihitung dengan persamaan (2.11) berikut [7]:

$$P_f = 10^{-4.2 - 0.0029f} \left(1 + \frac{|h_A - h_B|}{h_L} \right)^{-0.97} \times 10^{0.032f - 0.00085h_A} \tag{2.11}$$

f = jarak (km), f = frekuensi (GHz), P_f = *Unavailability* yang diinginkan, P_f = *fade depth* (dB) h_B = tinggi antenna penerima (mdpl), h_A = tinggi antena pengirim (mdpl), h_L = Nilai terendah antara h_B dan h_A (mdpl)

2.3.3 Free Space Loss dan Link Budget [7]

Free space loss merupakan daya yang hilang saat sinyal berpropagasi dari pengirim ke penerima. Semakin besar jarak maka *free space loss* semakin besar.

$$L_{fs} = 92.44 + 20 \log f + 20 \log d \tag{2.12}$$

Langkah terakhir yaitu menghitung *Link* budget. Nilai daya terima yang dihasilkan dari perhitungan ini akan dibandingkan dengan hasil dari persamaan (2.9). Apabila nilainya lebih besar, maka *quality objective* dapat tercapai.

$$P_{rx} = P_{tx} - G_{tx} + G_{rx} + FSL + FM - \dots \tag{2.13}$$

Dengan: P_{rx} = *Level* daya terima (dBm), P_{tx} = Daya pancar pengirim (dBm), G_{tx} = *Gain* antena pengirim (dBi), G_{rx} = *Gain* antena penerima (dBi), FSL = *Free space loss* (dB), FM = *Fading Margin* (dB)

3 Hasil Perancangan

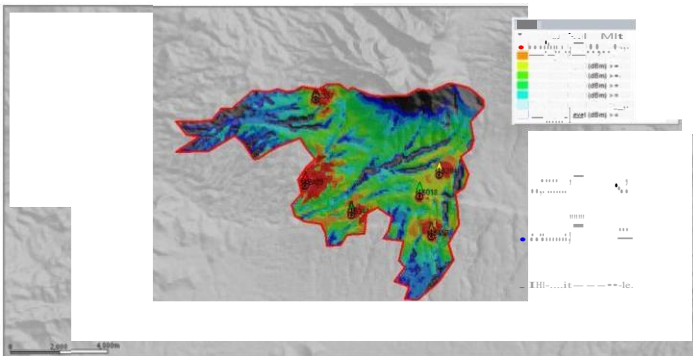
Dari hasil perhitungan, didapatkan nilai parameter-parameter antara lain seperti ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Hasil perhitungan *perancangan jaringan LTE*

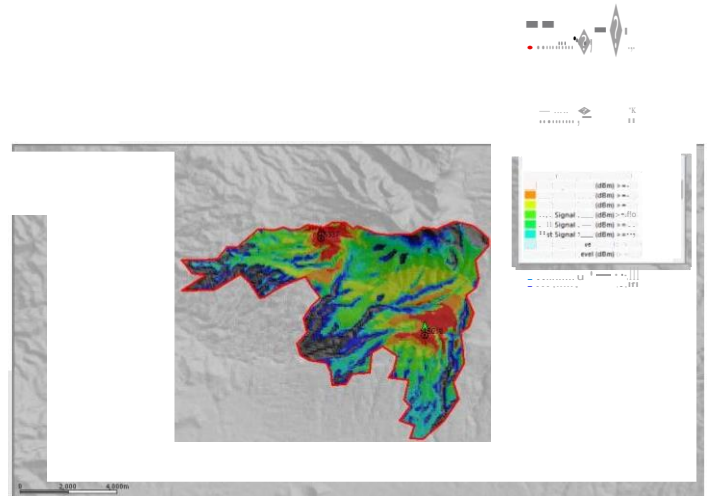
	Direction	Target User	Single user Throughput (kbps)	Network Throughput (Mbps)	Cell Capacity (Mbps)	Number of Cell	Cell Area (km ² /cell)	Cell Radius (km)	Path Loss (dB)	MAPL (dB)
Skenario I	Uplink	7582	7.62	57.8	14.4	4	9.82	1.94	108.06	113
	Downlink	7582	24.76	187.7	33	6				141
Skenario II	Uplink	7582	7.62	57.8	57.6	1	32.16	3.52	117.13	121
	Downlink	7582	24.76	187.7	108	2				138
Skenario III	Uplink	7582	7.62	57.8	14.4	4	9.82	1.94	114.47	131
	Downlink	7582	24.76	187.7	33	6				148
Skenario IV	Uplink	7582	7.62	57.8	57.6	1	32.16	3.52	123.5	125
	Downlink	7582	24.76	187.7	108	2				145

3.1 Hasil Simulasi Perancangan LTE

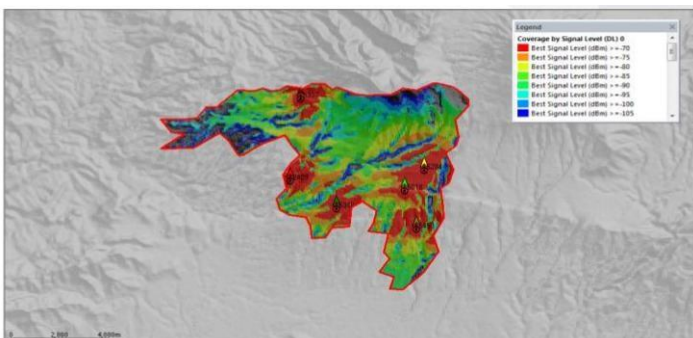
Gambar berikut menunjukkan hasil simulasi perancangan LTE dengan menggunakan software Atoll 3.1.2.



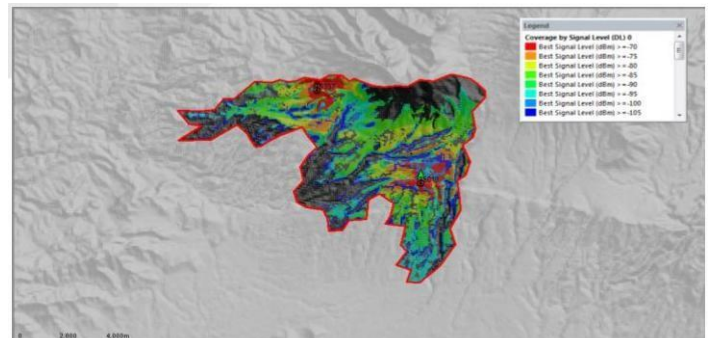
Gambar 3.1 Hasil simulasi skenario I, LTE 900 MHz (5 MHz)



Gambar 3.2 Hasil simulasi skenario II, LTE 900 MHz (20 MHz)



Gambar 3.3 Hasil simulasi skenario III, LTE 1800 MHz (5 MHz)

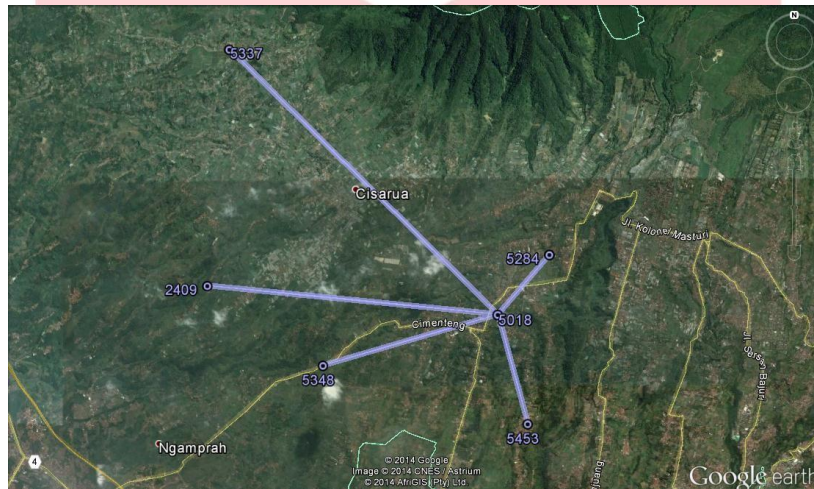


Gambar 3.4 Hasil simulasi skenario IV, LTE 1800 MHz (20 MHz)

Dari hasil simulasi, skenario 5 MHz lebih cocok diterapkan karena menghasilkan *blankspot* yang lebih sedikit. Selain itu untuk di Indonesia, *bandwidth* 20 MHz belum bisa dipergunakan untuk LTE karena belum dilakukan penataan ulang frekuensi pada 1800 MHz. Sehingga pada *paper* ini, perancangan *backhaul* menggunakan skenario 5 MHz yaitu dengan menggunakan 6 buah *site*.

3.2 Perancangan *Backhaul*

Keenam buah *site* dihubungkan dengan menggunakan topologi star. Salah satu *site* dijadikan sebagai *aggregation site*, yaitu *site* yang berperan sebagai *hub* bagi *site-site* disekitarnya untuk menghubungkan ke *core network*. Perangkat yang digunakan sebagai *backhaul* adalah Ruckus Zoneflex 7731 yang berbasis Wi-Fi 802.11n dengan frekuensi kerja pada 2.4 dan 5 GHz, *transmit power* 22 dBm, dan *gain* antenna 14 dBi. Standar performansi yang harus dicapai adalah BER 10^{-6} , *availability* 99.99%, dan *data rate* 50 Mbps dengan *bandwidth* 20 MHz (karena kapasitas tiap sel 33 Mbps). Dengan menggunakan persamaan (2.9), performansi tersebut dapat dicapai jika daya terima pada penerima minimal -77.237 dBm.



Gambar 3.5 Topologi jaringan *backhaul*

Hasil perhitungan perancangan *backhaul* dapat dilihat pada tabel (3.5) berikut:

Tabel 3.2 Hasil perhitungan perancangan link *backhaul*

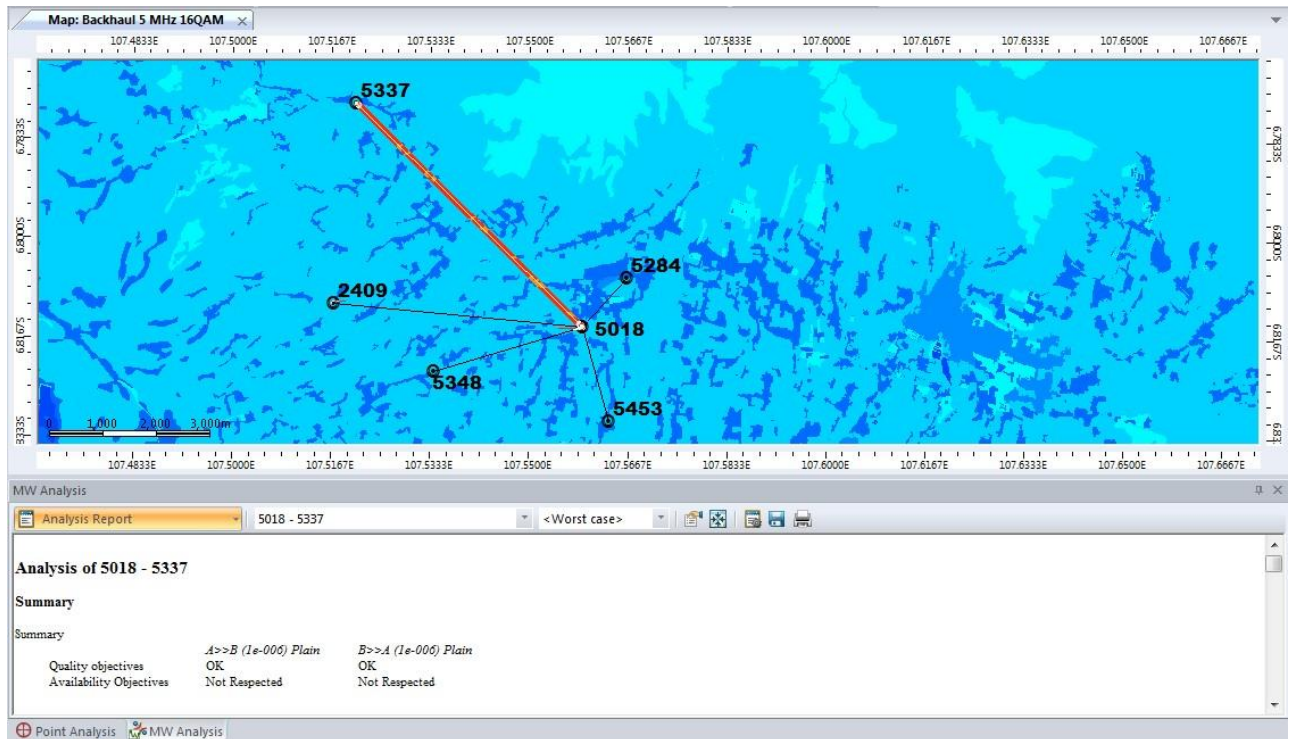
Site A	Site B	Ptx (dBm)	Ltx (dB)	Gtx (dBi)	FSL (dB)	Grx (dBi)	Lrx (dB)	Prx (dBm)	Creq (dBm)	Fading Margin (dB)	Redaman hujan (dB)	Fade Depth Multipath (dB)
5018	5453	22	0.48	14	112.84	14	0.5	-63.8187	-77.2369	13.42	0.93	-34.4077
5018	5348	22	0.62	14	116.89	14	0.84	-68.35	-77.2369	8.89	1.48	-26.3979
5018	2409	22	0.66	14	121.05	14	0.86	-72.5723	-77.2369	4.66	1.63	-18.5946
5018	5337	22	0.32	14	123.15	14	0.66	-74.1276	-77.2369	3.11	3.04	-12.0873
5018	5284	22	0.38	14	109.49	14	0.3	-60.1723	-77.2369	17.06	0.43	-32.1633
5453	5018	22	0.5	14	112.90	14	0.48	-63.8788	-77.2369	13.36	0.93	-34.3949
5348	5018	22	0.84	14	116.95	14	0.62	-68.41	-77.2369	8.83	1.48	-26.3851
2409	5018	22	0.86	14	121.11	14	0.66	-72.6324	-77.2369	4.60	1.63	-18.5818
5337	5018	22	0.66	14	123.21	14	0.32	-74.1876	-77.2369	3.05	3.04	-12.0745
5284	5018	22	0.3	14	109.55	14	0.38	-60.2323	-77.2369	17.00	0.43	-32.1505

Nilai *fade depth* akibat multipath dapat diabaikan karena terlalu kecil sehingga *fading* yang dipertimbangkan adalah *fading* karena redaman hujan. Berdasarkan tabel 3.5, nilai daya terima (*Prx*) lebih besar dari yang dibutuhkan (-77.24 dBm). Nilai ini didapat dengan tetap memperhatikan regulasi penggunaan perangkat untuk pita 5.8 GHz di Indonesia dengan ketentuan EIRP maksimum 36 dBm [8]. Sehingga dapat disimpulkan, standar *quality* dan *availability* yang telah ditetapkan dapat tercapai. Namun untuk link antara site 5018-5337, *availability* tidak dapat

dicapai pada kondisi waktu terburuk dimana curah hujan dapat meningkat secara drastis pada bulan-bulan tertentu. Hal ini dikarenakan nilai *fade margin* yang terlalu kecil dan nilainya hampir mendekati nilai redaman hujan.

3.3 Hasil Simulasi Perancangan Backhaul

Gambar 3.6 menunjukkan hasil simulasi link 5018-5337. Hasil simulasi menunjukkan bahwa untuk link 5018-5337 parameter *availability* tidak tercapai karena *fade margin* yang terlalu rendah. Untuk itu perlu dilakukan penambahan daya pancar agar dapat memperoleh *fade margin* yang cukup.



Gambar 3.6 Hasil simulasi perancangan backhaul untuk link terpanjang

4 Kesimpulan

Skenario yang efektif untuk merancang jaringan LTE di daerah rural di Indonesia adalah dengan menggunakan frekuensi 900 MHz dan *bandwidth* 5 MHz. Di sisi *backhaul*, Wi-Fi dapat mengantarkan trafik LTE dengan kecepatan 50 Mbps dan BER 10^{-6} serta *availability* 99.99% untuk link dengan jarak kurang dari 5 km. Sehingga dapat disimpulkan, Wi-Fi 802.11n dapat bekerja dengan baik sebagai alternatif *backhaul* untuk jaringan LTE berkapasitas rendah serta berjarak kurang dari 5 km.

Daftar Pustaka

- [1] Huawei Technologies, "LTE Radio Network Planning Introduction," 2011.
- [2] Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, Badan Pusat Statistik Indonesia, United Nations Population Fund, Proyeksi Penduduk Indonesia 2010-2035, Jakarta: Badan Pusat Statistik, 2013.
- [3] Huawei Technologies, "LTE Radio Network Capacity Dimensioning," 2013.
- [4] L. Song and J. Shen, Evolved Cellular Network Planning and Optimization for UMTS and LTE, Auerbach Publications, 2011.
- [5] H. Lehpamer, Microwave Transmission Network Planning, Design, and Deployment, San Diego: The Mc-Graw Hill Companies, 2010.
- [6] C. Langton, "Link Budgets," www.complextoreal.com, 2002.
- [7] T. Manning, Microwave Radio Transmission Design Guide (2nd Edition), Boston: Artech House, 2009.

- [8] Kementerian Komunikasi dan Informasi Republik Indonesia, "PERSYARATAN TEKNIS ALAT DAN PERANGKAT TELEKOMUNIKASI YANG BEROPERASI PADA PITA FREKUENSI RADIO 5,8 GHz.," 2013

