

PERENCANAAN PEMBAHARUAN JARINGAN LTE FDD (*FREQUENCY DIVISION DUPLEX*) PADA FREKUENSI 900 MHZ DI KABUPATEN BENGKALIS

Erma Yuli Clara Saragih¹⁾, Linna Oktavianasari²⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Informatika, ²⁾Dosen Teknik Informatika
Program Studi Teknik Informatika S1, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas Km. 12,5 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru 28293
Email: erma.yuli@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Long Term Evolution (LTE) is a technology that became a trend recently. Bengkalis Regency is area has not yet applied LTE technology optimally and even there is no positive change. This condition be basis for this paper. This paper uses design and simulation of Frequency Division Duplex (FDD) 900 MHz through Atoll Software, based on research that has been done previously in several other areas. FDD design is done with four scenarios that results will be compared, to see the best parameter in that area. There was used frequency 900 Mhz with bandwith 5 MHz and 10 MHz, 1800 MHz with bandwith 5 MHz and 10 MHz. That compared in that scenario are signal level, uplink and downlink CINR analysis, Service Area Analysis downlink and uplink and Monte Carlo analysis. The best scenario is a scenario with a frequency 900 MHz, bandwidth 10 MHz and required number of cells at least 137 eNodeB. Signal coverage level is capable of reaching ≤ -65 dBm, while the downlink CINR signal level $\geq 2,479$ dB and ≥ 17 dB for uplink CINR signal level. While for Monte Carlo simulation can reach connected user is 81,4% which is connected, for uplink and downlink throughput reaching ≥ 1 Mbps.

Keywords: LTE, Atoll, FDD, 900MHz

1. PENDAHULUAN

Internet bukan lagi sesuatu yang asing bagi seluruh kalangan pada masa ini. Bahkan hampir disetiap kegiatan manusia dalam berbagai hal sudah menggunakan internet. Kebutuhan konsumen untuk mendapatkan akses data dengan kecepatan tinggi pun semakin meningkat. Salah satu teknologi yang menunjang kebutuhan tersebut adalah *Long Term Evolution* (LTE).

Kecepatan transfer data dengan menggunakan teknologi LTE dapat mencapai 100 Mbps pada sisi *downlink* dan 50 Mbps pada sisi *uplink*. Nilai ini jauh lebih tinggi jika di bandingkan dengan UMTS (*downlink* dan *uplink* < 2 Mbps) dan HSDPA

(*downlink* 14 Mbps, *uplink* 5,6 Mbps). Dengan tingginya kecepatan data, LTE mampu mendukung semua aplikasi baik *voice*, data, *video*, maupun IP TV.

Teknologi LTE menyediakan 2 jenis cara pengiriman untuk *duplex*, yaitu FDD (*Frequency Division Duplex*) dan TDD (*Time Devision Duplex*). Di Indonesia untuk LTE FDD menggunakan frekuensi pada 900 MHz dan 1800 MHz, Sedangkan LTE TDD menggunakan frekuensi 2300 MHz. Pada LTE TDD mempunyai karakteristik kecepatan *downlink* sangat kuat sedangkan untuk kecepatan *uplink* cenderung lemah. Sedangkan LTE FDD mempunyai

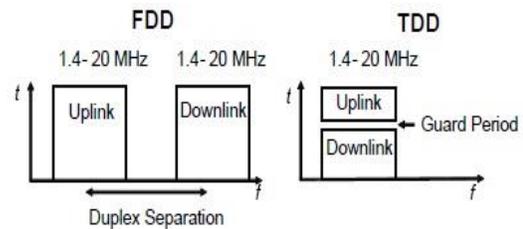
karakteristik yang seimbang antara *downlink* dan *uplink*.

Perencanaan jaringan LTE di kabupaten Bengkalis diusulkan karena penerapan LTE di daerah tersebut belum maksimal. Kabupaten Bengkalis memiliki wilayah yang luas yang daerah nya terdiri 2 pulau yang terpisah dari pulau Sumatera. Dengan potensi pengembangan wilayah Kabupaten Bengkalis 2011 -2030 terdapat beberapa kawasan strategis yang akan dikembangkan seperti Duri, Sei Pakning, Buruk Bakul dan Tanjung Medang. Yang mana daerah-daerah tersebut berfungsi sebagai pusat niaga skala regional, pusat pemerintahan, khususnya untuk instansi yang melayani kegiatan perkotaan, kawasan permukiman perkotaan, kawasan industri berbasis pertanian atau perkebunan dan kawasan pertambangan minyak bumi, kawasan pariwisata dan pusat kegiatan wilayah. Untuk frekuensi yang digunakan pada penelitian ini di usulkan frekuensi 900 MHz, pemilihan ini disebabkan karena mutasi yang akan dilakukan oleh layanan televisi UHF analog ke digital pada tahun 2018, menyebabkan kekosongan frekuensi dari 700 MHz- 900 Mhz, yang rencana dari pemerintah Indonesia di alokasikan untuk seluler. Selain itu frekuensi 900 MHz cocok untuk daerah Bengkalis yang sebagian besar daerah rural. Ini berdasarkan pada hasil penelitian dari Arif Fauzar yang melakukan analisa jaringan LTE pada frekuensi 900 MHz dan 1800 MHz untuk daerah rural di kota Taluk Kuantan, menunjukkan frekuensi yang paling cocok untuk daerah adalah frekuensi 900 MHz.

Dari uraian diatas, maka dilakukan sebuah perencanaan jaringan LTE dengan studi kasus wilayah Bengkalis. Perencanaan LTE sendiri di spesifikasikan dengan frekuensi 900 MHz. dengan metode *duplex* FDD. Perencanaan menggunakan *software radio planning atoll*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Long Term Evolution (LTE) merupakan standar telekomunikasi seluler *release* 8 berkecepatan tinggi untuk ponsel dan terminal data. Teknologi ini dikembangkan oleh *The 3rd Generation Partnership Project* (3GPP) pada tahun 2008. Teknologi ini adalah pengembangan dari teknologi seluler sebelumnya yaitu UMTS (3G) dan HSDPA (3,5G). Hal tersebut bertujuan untuk meningkatkan kapasitas dan kecepatan pada jaringan seluler sehingga menghasilkan jaringan *mobile broadband* yang lebih handal. Pada LTE disediakan 2 jenis metode radio akses, yaitu *Frequency Division Duplex* (FDD) dan *Time division duplex* (TDD). Dan perbandingan antara ke 2 metode akses radio dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Perbandingan Sistem TDD dan FDD (Yusuf.S,2016)

a. *Frequency Division Duplex* (FDD)

Pada metode akses radio FDD melakukan transmisi dengan meletakkan *uplink* dan *downlink* pada *frequency band* yang terpisah. Dan FDD memiliki beberapa antara lain. Pertama jarak antara pasangan *uplink* dan *downlink* adalah 100 MHz. Kemudian pengelompokan dilakukan dengan memisahkan antara *uplink* dan *downlink*. Dan jarak antara kelompok *uplink* dan *downlink* di pisahkan oleh *quadband*.

b. *Time Division Duplex* (TDD)

Pada metode akses TDD memiliki perbedaan dengan FDD, yaitu pada TDD *uplink* dan *downlink* di lakukan pada *band frequency* sama. Jadi antara *uplink* dan *downlink* diatur dengan pewaktuan (*interval*). Pemisahan dilakukan menggunakan *guard interval* antara transisi keduanya. Dan *guard interval* di sebut dengan

transmit-receiver transition gap (TTG) dan *receive-transmit transition gap* (RTG). Dan biasanya TTG lebih besar dari RTG.

Berdasarkan standar yang telah dikeluarkan *3rd Generation Partnership Project* (3GPP) pada *release 8* telah menetapkan rentang frekuensi untuk *system FDD* dan *TDD*. *band* untuk FDD dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Alokasi Frekuensi FDD (Motorola,2011)

<i>E-UTRA Operating Band</i>	<i>Uplink (UL) operating band BS receive UE transmit (MHz)</i>	<i>Downlink (DL) operating band BS receive UE transmit (MHz)</i>	<i>Duplex Mode</i>
1	1920 – 1980	2110 – 2170	FDD
2	1850 – 1910	1930 – 1990	FDD
3	1710 – 1785	1805 – 1880	FDD
4	1710 – 1755	2110 – 2155	FDD
5	824 – 849	869 – 894	FDD
6	830 – 840	875 – 885	FDD
7	2500 – 2570	2620 – 2690	FDD
8	880 – 915	925 – 960	FDD
9	1749,9 –	1844,9 –	FDD
10	1784,9	1879,9	FDD
11	1710 – 1770	2110 – 2170	FDD
12	1427,9 –	1475,9 –	FDD
13	1447,9	1495,9	FDD
14	699 – 716	729 – 746	FDD
15	777 – 787	746 – 756	FDD
16	788 – 798	758 – 768	FDD
17	Reserved	Reserved	FDD
18	Reserved	Reserved	FDD
19	704 – 716	734 – 746	FDD
20	815 – 830	860 – 875	FDD
21	830 – 845	875 – 890	FDD
	832 – 862	791 – 821	
	1447,9 –	1495,9 –	
	1462,9	1510,9	

Radio Link Budget

Pada perhitungan *link budget*, ada beberapa pembagian parameter. Penentuan parameter-parameter tersebut sangat berpengaruh terhadap nilai *cell radius* yang didapatkan. Pengelompokan parameter pada *link budget* seperti berikut.

a. General Parameter

General parameter pada *link budget* LTE menjelaskan tentang parameter umum. Pada *general parameter* digunakan untuk menentukan kemungkinan *operation band*, *bandwidht*, kecepatan data, jumlah RB yang digunakan. Pada *general parameter* juga di lakukan perhitungan *cell adge rate*. Yang akan menentukan kecepatan data yang akan digunakan.

b. Transmitter Parameter

Bagian kedua dari parameter adalah *transmistter paramater*. Pada bagian ini menjelaskan tentang *link budget* pada bagian *transmitter*. Tujuan utama perhitungan pada bagian ini adalah untuk menentukan nilai *Equivalent Isotrophially Radio Power* (EIRP). EIRP itu sendiri adalah keluaran daya *antenna isotropis* untuk menghasilkan daya maksimum dapat dilihat di *gain antenna*. Perhitungan bisa di buat dengan menghitung daya keluaran *transmitter* ditambah *gain antenna* dan dikurangi rugi kabel, untuk perumusan EIRP di rumuskan seperti berikut.

$$EIRP (dBm) = Daya Tx(dBm) + Gain Tx(dB) - Cable Loss(dB)$$

Sehingga untuk menentukan nilai EIRP dibutuhkan beberapa parameter lain diantaranya :

- *Transmitter RF power*

Nilai *Transmitter RF power* adalah nilai daya keluaran pada pemancar. Sehingga untuk penentuan nilai *transmitter RF power* dapat dilakukan dengan cara melihat spesifikasi dari antenna yang digunakan.

- *Transmitter antenna gain*

Nilai *transmitter gain antenna* adalah sebuah parameter yang mengukur kemampuan antena dalam mengarahkan radiasi sinyal atau penerimaan sinyal dari arah tertentu. Untuk pemilihan nilai *transmitter antenna gain* ditentukan berdasarkan *band* frekuensi dan

berdasarkan akan tipe perangkat yang digunakan.

- *Feeder loss*

Feeder loss menunjukkan *loss* sinyal pada berbagai perangkat pada *antenna* ke penerima. Baik pada sisi *base station* maupun terminal penerima harus memperhatikan *loss* terminal.

c. *Receiver Parameter*

Receiver parameter adalah perhitungan nilai parameter pada bagian *receiver*. yang berhubungan dengan pengiriman sampai pada penerima (UE). Pada bagian ini ada beberapa parameter diantaranya:

- *Noise figure*

Noise figure bisa di katakana sebagai perbandingan dari *noise* sebenarnya dengan *noise* pada keadaan ideal. Dan berikut adalah salah satu contoh *noise figure* dari huawei, berdasarkan frekuensi yang digunakan dan jenis *duplex* yang digunakan.

- *Thermal noise*

Thermal noise didapatkan dari perkalian antara *konstanta bolzman* dengan nilai $1,38 \times 10^{-23} J/K$, dengan temperatur dalam *kelvin* (290^0) bersamaan dengan *bandwidth*.

- *SINR*

Nilai *SINR* pada dasarnya dapat dengan menggunakan rumus seperti persamaan dibawah ini.

$$SINR(dB) = S(dBm) - (I_{own} + I_{oth} + N)(dBm)$$

- *Fast Fade Margin*

Fast fade margin secara definisi dapat diartikan sebagai kenaikan daya pancar yang harus dilakukan agar level daya terima lebih besar dari level daya terima minimum yang diijinkan.

- *Receiver sensitivity*

Berdasarkan *LTE Planning Tool Technial report*, Menjelaskan tentang *receiver*

sensitivity. *Receiver sensitivity* adalah kemampuan dari perangkat untuk dapat mengolah sinyal yang diterima. Nilainya didapatkan dengan menjumlahkan dari *receiver noise* dan *SINR*.

- *Interference margin*

Interface margin dapat di artikan sebagai peningkatan *noise*, yang di sebabkan oleh penggunaan *site* pada frekuensi yang sama pada posisi yang berdekatan. Sehingga menyebabkan ada gangguan untuk nilainya antar 1-6 dB.

- *Body loss*

Body loss sering juga di sebut sebagai *head loss*, *body loss* dapat didefinisikan sebagai penurunan kekuatan sinyal yang di sebabkan oleh tubuh pengguna, yang berdekatan dengan *antenna headset*. Berdasarkan dari motorola *body loss* yang terjadi diantara kisaran 2 sampai 3 dB yang di gunakan untuk perancangan sistem.

- *Penetration loss*

Pada LTE juga diperhitungkan tentang *Building Penetration Loss* (BPL) yang merupakan *loss* akibat yang diakibatkan oleh penghalang berupa gedung dan bangunan.

- *Shadowing margin dan Cell load*

Pada saat *user* bergerak dan menuju daerah berbukit ataupun gedung. Perlu di perhatikan *loss* yang disebut *shadowing margin*. *Shadowing margin* adalah variasi level sinyal dari sinyal yang digunakan.

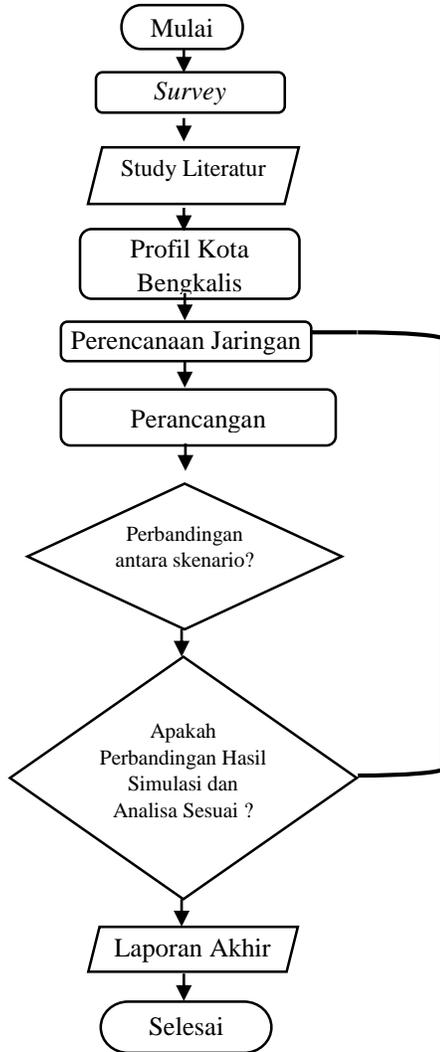
- *Isotropic Power Requid*

Pada perhitungan nilai MAPL ini nantinya diperlukan dalam perhitungan *cell radius*. MAPL di dapatkan dengan pengurangan dari nilai EIRP dengan nilai *isotropic power required*. Sehingga untuk mendapat nilai MAPL dibutuhkan nilai *isotropic power required*.

3. METODE PENELITIAN

Prosedur Penelitian

Penelitian dilakukan dengan simulasi menggunakan *software Radio Planning Atoll*. Tahapan Penelitian yang dilaksanakan ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Flowchart Penelitian

Pada penelitian akan dilakukan 4 skenario. Skenario dapat dilihat pada Tabel 2

Tabel 2 Skenario Desain Perencanaan Jaringan FDD Rural Kabupaten Bengkulu

Nama	Frekuensi dan Bandwidth
Skenario 1	900 MHz bandwidth 5 MHz
Skenario 2	900 MHz bandwidth 10 MHz
Skenario 3	1800 MHz bandwidth 5 MHz
Skenario 4	1800 MHz bandwidth 10 MHz

Berikut parameter yang digunakan :

a. General Parameter

General parameter pada *link budget* LTE menjelaskan tentang pemilihan parameter, diantaranya *operation band*. Hasil perhitungannya seperti pada Tabel 3.

Tabel 3 General Parameter Skenario 1

General Parameter	Link Budget	Formula	Downlink	Uplink
Operating Band (MHz)	A		900	
Cell Edge Rate (kbps)	B		3496	1024
Allocated RB	C		25	25
Allocated Subcarriers	$d = c * 12$		300	300

b. Transmitter Parameter

Bagian kedua dari parameter adalah *transmitter parameter* menjelaskan tentang *link budget* pada bagian *transmitter*.

Tabel 4 Transmitter Parameter Skenario 1

	Link Budget	Formula	Downlink	Uplink
Transmitter RF Power (dBm)	E		43	23
Transmitter Antenna Gain (dBi)	F		15	0
Feeder Loss per m (dB/m)	G		0.03861	0.03861
Feeder Length (m)	H		100	100
Feeder Loss/Line Loss (dB)	$i = g * h$		3.86	3.86
EIRP (dBm)	$j = e + f + i$		58.386	23.386

Dari semua parameter di *receiver parameter*. Maka dapat disusun dalam sebuah tabel seperti pada Tabel 5.

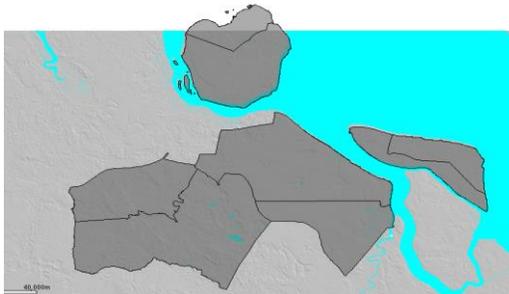
Tabel 5 Receiver Parameter Skenario 1

Receiver Parameter (UE)	Link Budget	Formula	Downlink	Uplink
Konstanta Boltzman (dbm/Hz)	kB		-174	-174
Thermal Noise per Subcarrier (dBm)	$l = k + 10 \log(15000 * d)$		-	-
			107.48	107.48

	Noise Figure (dB)	M	7	2.3
	SINR (dB)	N	2.479	1.263
	Fast Fade Margin (dB)	O	0	0
	Receiver Sensitivity (dBm)	$p = l + m + n + o$	-98.001	-103.917
	Receiver Antenna Gain (dBi)	Q	0	15
	Cell Load (%)	T	75%	75%
	Interference Margin (dB)	U	3	3
	Body Loss (dB)	V	3	3
	Penetration Loss	W	7	7
	Standard Deviation (dB)	y	7	7
	Shadowing Margin (dB)	$z = y \times 0,67$	4.69	4.69
	Isotropic Power Required (dB)	$aa = p - q + u + v + w + z$	-80.311	-101.22
	Maximum Allow Path Loss (MAPL) (dB)	$ab = j - aa$	138	124

Peta Kabupaten Bengkalis

Berikut gambar peta daerah Kabupaten Bengkalis yang merupakan daerah *rural* yang digunakan dalam penelitian ini yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Peta Kabupaten Bengkalis Bengkalis

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter dari *eNodeB* berdasarkan pada perhitungan *link budget* untuk 4 skenario yang telah dilakukan. Peletakan *eNodeB* di kabupaten Bengkalis ada di 3 pulau dengan simulasi yang berbeda tetapi menggunakan parameter yang sama. Hasil jumlah peletakan *eNodeB* dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Hasil Peletakan *eNodeB*

Parameter	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
Sumatera	64	95	109	150
Bengkalis	13	21	23	31
Rupat	17	21	22	32
Jumlah	94	137	154	213

Hasil Simulasi

Hasil Simulasi level sinyal daerah Pulau Sumatera dapat dilihat pada Gambar 4.



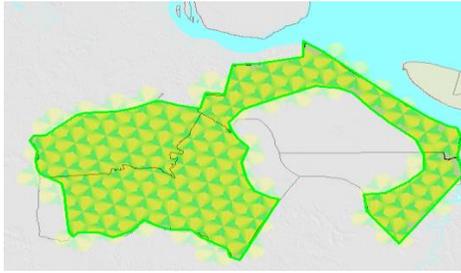
Gambar 4 Simulasi Level Sinyal Pulau Sumatera Skenario 1

Berikut hasil perbandingan Level Sinyal dari 4 skenario yang dibuat, dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7 Perbandingan Hasil Simulasi Sinyal Level

Skenario	Rata-Rata Signal Level (dBm)	Surface (km ²)
Skenario 1	-63.09	6,031.34
Skenario 2	-61.4	6,049.153
Skenario 3	-65.51	6,006.888
Skenario 4	-62.91	5,999.335

Hasil simulasi CINR *Downlink* sinyal daerah Pulau Sumatera dapat dilihat pada Gambar 5.



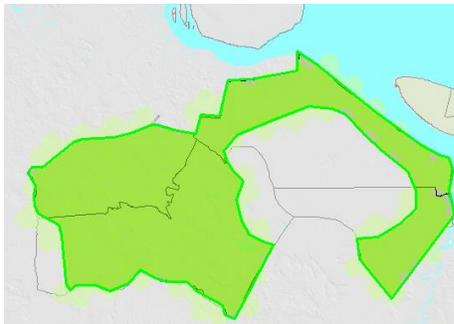
Gambar 5 Hasil Simulasi CINR *Downlink* Pulau Sumatera Skenario 1

Berikut hasil perbandingan CINR *Downlink* dari 4 skenario yang dibuat, dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8 Perbandingan Hasil Simulasi CINR *Downlink*

Skenario	Rata-Rata CINR <i>Downlink</i> (dB)	Surface (km ²)
Skenario 1	13.6	5,819.453
Skenario 2	13.29	5,794.473
Skenario 3	14.48	5,981.47
Skenario 4	14.89	5,954.018

Hasil simulasi CINR *Downlink* sinyal daerah Pulau Sumatera dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Hasil Simulasi CINR *Uplink* Pulau Sumatera Skenario 1

Berikut hasil perbandingan CINR *Uplink* dari 4 skenario yang dibuat, dapat dilihat pada tabel 9.

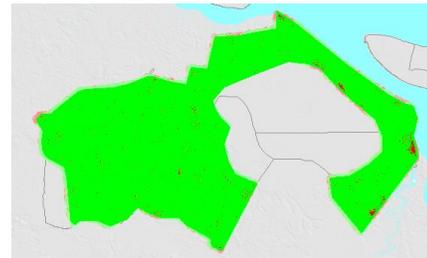
Tabel 9 Perbandingan Hasil Simulasi CINR *Uplink*

Skenario	Rata-Rata CINR <i>Uplink</i> (dB)	Surface (km ²)
Skenario 1	12.4	5,828.455
Skenario 2	12.4	5,787.468

Skenario 3	12.4	5,972.47
Skenario 4	12.4	5,954.018

Hasil Simulasi Monte Carlo

Simulasi monte carlo didapatkan dengan menguji kemampuan dari *site* atau sel yang telah diletakkan secara otomatis untuk menampung layanan yang ingin dilakukan oleh pengguna layanan LTE. Pada simulasi ini akan dilakukan 3 pengulangan. Berikut adalah penyebaran user pengguna LTE pada skenario 1 yang dapat dilihat pada gambar 7 berikut.



Gambar 7 Penyebaran Pengguna Pulau Sumatera skenario 1

Berikut adalah hasil simulasi yang membandingkan antara *user* pada seluruh skenario yang dapat dilihat pada tabel 10 dibawah ini

Tabel 10 Hasil Perbandingan User Jaringan LTE

Skenario	Jumlah pelanggan yang tersambung	Jumlah pelanggan yang gagal tersambung	Jumlah pelanggan total
Skenario 1	15,453 (79.9%)	3,879 (20%)	19,332
Skenario 2	15,382 (81.4%)	3,526 (18.6%)	18,908
Skenario 3	108,540 (68.3%)	50,388 (31.7%)	158,928
Skenario 4	123,663 (78%)	35,028 (22%)	158,691

Pada tabel 10 menggambarkan estimasi pelanggan, dan menunjukkan pelanggan tersambung atau tidak ke jaringan, dari hasil data terlihat pada skenario 2 memperoleh hasil paling bagus yaitu 81.4 % yang berhasil terhubung,

sedangkan skenario 3 memperoleh hasil paling jelek dengan dengan persentase 68.3 %. Untuk skenario 1 memperoleh persentase 81.4 % dan 78% untuk persentase skenario 4.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan maka dapat kesimpulan.

1. Perancangan LTE untuk frekuensi 900 MHz Kabupaten Bengkalis, pada *bandwidth* 5 MHz membutuhkan sebanyak 64 site di bagian Pulau Sumatera, 13 site di bagian Pulau Bengkalis, 17 site di bagian Pulau Rupa dan pada *bandwidth* 10 MHz membutuhkan sebanyak 95 site di bagian Pulau Sumatera, 21 site di bagian Pulau Bengkalis, 21 site di bagian Pulau Rupa. Sedangkan pada perancangan LTE untuk frekuensi 1800 MHz, pada *bandwidth* 5 MHz membutuhkan sebanyak 109 site di bagian Pulau Sumatera, 23 site di bagian Pulau Bengkalis, 22 site di bagian Pulau Rupa dan pada *bandwidth* 10 MHz membutuhkan 150 site di bagian Pulau Sumatera, 31 site di bagian Pulau Bengkalis, 32 site di bagian Pulau Rupa.
2. Simulasi *coverage signal level* untuk perancangan LTE Kabupaten Bengkalis memperlihatkan bahwa untuk frekuensi 1800 MHz *bandwidth* 5 MHz memperoleh hasil -65.51 dBm. frekuensi 900 MHz *bandwidth* 10 MHz memperoleh hasil -61.4 dBm.
3. Perbandingan dari seluruh skenario menpatkan skenario frekuensi 900 MHz *bandwidth* 10 memporeleh nilai 24.

Saran

Penggunaan LTE lebih diperluas lagi karena memiliki kelebihan yaitu adanya teknologi seperti *Adaptive Modulation and Coding* (AMC) yang handal dalam mencakup wilayah-wilayah yang ada di Indonesia.

Wilayah Bengkalis punya banyak potensi untuk berkembang, sehingga pengembangan

cakupan LTE di daerah tersebut bisa di optimalisasikan lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Arif Fauzar, 2017. *Perencanaan Jaringan LTE FDD (Frequency Division Duplex) Pada Frekuensi 900 MHz di Kota Taluk Kuantan*. Skripsi Sarjana, Teknik Elektro, Universitas Riau, Pekanbaru.
- Andes Firmawan, 2016. *Perencanaan Jaringan LTE FDD 1800 MHz di Kota Pekanbaru*. Skripsi Sarjana, Teknik Elektro, Universitas Riau, Pekanbaru.
- Pemerintah Kabupaten Bengkalis, 2016. "Rencana Pembangunan Jangka Mengengah Daerah"
- Habaebi M. H. ,2013. *Comparison Between Scheduling Techniques In Long Term Evolution*. Department of Electrical and Computer Engineering, Kulliyah of Engineering, International Islamic University Malaysia, Jalan Gombak 53100, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Holma, Harri, 2009. "LTE for UMTS : Evolution to LTE - Advanced, Second Edition". Finland: Jhon Wiley & Sons, United Kingdom.
- Huawei Technologies, 2014. "xMbps Anytime Anywhere White Paper".
- Yusuf Septiawan, 2016. *Perencanaan Jaringan LTE TDD 2300 MHz di Semarang Tahun 2015-2020*. Jurnal, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang.