

ANALISA PERFORMANSI INTERNET BROADBAND LONG TERM EVOLUTION INNER CITY DAN RURAL DI KOTA PALEMBANG (STUDY KASUS : PT. TELKOMSEL)**ANALYSIS OF INTERNET PERFORMANCE BROADBAND LONG TERM EVOLUTION INNER CITY AND RURAL IN PALEMBANG CITY (CASE STUDY: PT TELKOMSEL)****Roni Suhermawan¹, Aryanti², Ciksadan³**

¹²³Program Studi Teknik Telekomunikasi Politeknik Negeri Sriwijaya,
Jl Srijaya Negara, Bukit Besar, Ilir Barat 1, Kota Palembang,
Sumatera Selatan

¹Ronisuhmawan@yahoo.co.id ²Aryanti@polsri.ac.id ³cik_sadan@yahoo.com

Abstrak

Lahirnya Teknologi 4G LTE dengan segala kelebihan yang di janjikan dibanding dengan teknologi sebelumnya telah membawa kita ke era komunikasi data perangkat bergerak yang super cepat. Untuk mengetahui seberapa besar perkembangan teknologi LTE saat ini. Maka, dilakukanlah penelitian terhadap performansi mobile internet di wilayah rural (Kenten Laut) dan inner city (Bukit Besar) di kota Palembang. Yaitu dengan cara membandingkan RSRP, SINR, RSRQ dan *Troughput* dengan KPI Teori dan KPI Telkomsel. Keempat parameter Untuk wilayah rural didapatkan hasil yaitu RSRP dedicated mode sebesar 100% untuk $\geq(-100)$ dBm, SINR dedicated mode 84.62% <0 dBm, 99.59% $<(-18)$ dBm dan *troughput* dedicated mode 71.17% ≥ 2 Mbps. Untuk wilayah inner city didapatkan hasil yaitu RSRP dedicated mode 100% untuk $\geq(-100)$ dBm, SINR dedicated mode sebesar 91.66% <0 dBm, RSRQ dedicated mode 99.47% $> (-18)$ dBm dan *troughput* dedicated mode 88.1% ≥ 2 Mbps. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa rata – rata kualitas dari faktor - faktor performansi inner city kota Palembang sudah optimal. Sedangkan untuk rural kota Palembang masih butuh pengoptimalan.

Kata kunci: 4G, LTE, Mobile Internet, Performansi.

Abstract

The birth of 4G LTE Technology with all the advantages compared with previous technology has brought us to super fast mobile digital communications era. To find out how big the development of LTE technology today. Then, conducted research on the performance of mobile internet in the rural (Kenten Laut) and inner city (Bukit Besar) in Palembang. That is by comparing RSRP, SINR, RSRQ and *Troughput* with KPI Theory and KPI Telkomsel. For rural areas the results obtained are 100% dedicated RSRP mode for $\geq (-100)$ dBm, dedicated mode SINR 84.62% <0 dBm, 99.59% $<(-18)$ dBm and dedicated mode *troughput* 71.17% ± 2 Mbps. For inner city area the results obtained are 100% dedicated mode RSRP for $\geq (-100)$ dBm, dedicated SINR mode 91.66% <0 dBm, RSRQ dedicated mode 99.47% $> (-18)$ dBm and dedicated mode *troughput* 88.1% ≥ 2 Mbps. From this research it can be concluded that the average quality of performance factors inner city of Palembang city is optimal. As for rural city Palembang still need optimization.

Keywords: 4G, LTE, Mobile Internet, Performance.

1. PENDAHULUAN

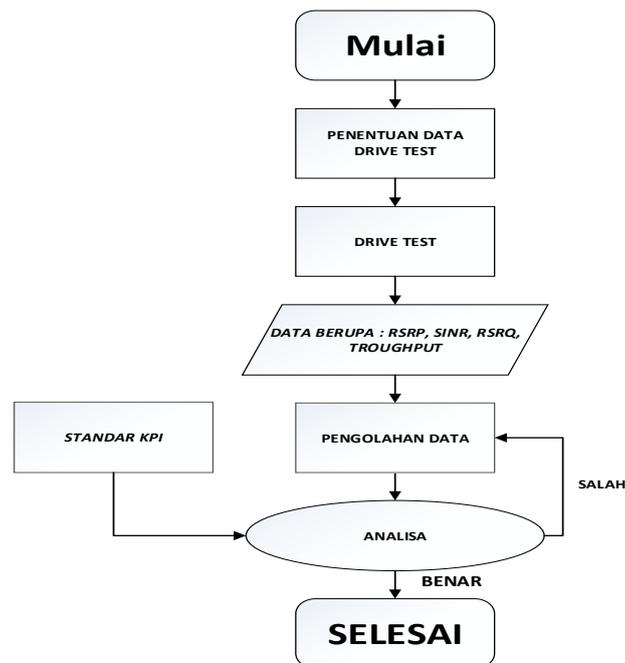
Kebutuhan masyarakat Indonesia akan informasi dan komunikasi terus berkembang pesat dari waktu ke waktu. Menyebabkan penyedia jasa layanan telekomunikasi seluler dituntut untuk berkembang guna memenuhi keragaman kebutuhan konsumennya. Salah satu yang terlihat sangat berkembang adalah kebutuhan akan komunikasi paket data [1].

Teknologi komunikasi LTE hadir sebagai solusi atas kebutuhan akan komunikasi data yang semakin meningkat. Teknologi standar yang diterapkan oleh 3gpp pada *release* 8. Standar tersebut meliputi: Kecepatan maksimal data *downlink* yang mencapai 100 Mbps saat pengguna bergerak cepat dan 1 Gbps saat diam[2].

Efisiensi spektrum pada LTE juga meningkat dua kali lipat dari teknologi 3,5G. 3gpp atau *The Third Generation Partnership Project* Adalah kolaborasi kelompok-kelompok asosiasi generasi ketiga komunikasi. 3gpp terus mengembangkan studi tentang LTE untuk memenuhi persyaratan yang ditetapkan oleh *International Mobile Telecommunication* atau *IMT- Advanced*, hingga akhirnya 3gpp mengeluarkan LTE *release* 10 yang di sebut juga *LTE-Advanced (LTE-A)*.

Untuk dapat menikmati layanan 4G di beberapa titik 4G, masyarakat dapat menukarkan kartu sim 3G dengan sim 4G[3]. Selain itu, diperlukan *devices* yang sudah mendukung layanannya yang saat ini mulai banyak dijual di pasaran.

Pada penelitian kali ini dilakukan analisa performansi LTE kota Palembang dengan cara mengambil sampel RSRP, RSRQ, SINR dan throughput pada wilayah ukur $\pm 25\text{km}^2$ untuk wilayah *inner city* yaitu Bukit Besar dan *rural* Kenten Laut. Selanjutnya dilakukan perbandingan dengan teori KPI telkomsel yang disimulasikan menggunakan MATLAB 7 untuk pembuatan grafik dan mengetahui tingkat performansi di kedua wilayah dengan alur sebagai berikut



Gambar 1. Alur Kerja Analisa Drive Test LTE

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengenalan LTE

Long Term Evolution (LTE) adalah sebuah nama yang diberikan kepada suatu proyek dalam *The Third Generation Partnership Project (3GPP)* yang diciptakan untuk mengembangkan teknologi *Universal Mobile Telecommunication System (UMTS)* dalam mengatasi kebutuhan data

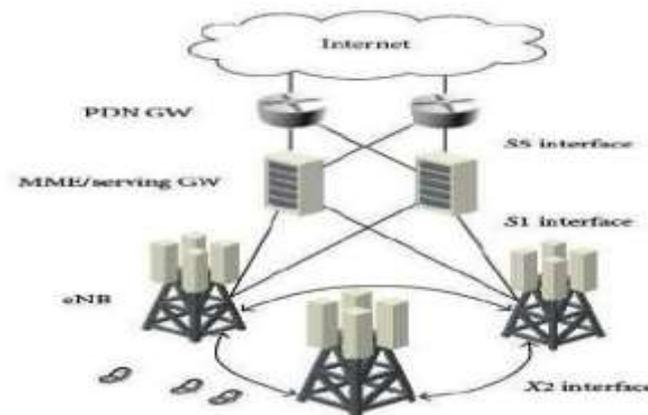
mendatang. Menurut Standar, LTE memberikan kecepatan downlink 100 Mbps. LTE akan membawa banyak manfaat pada perkembangann jaringan selular [4].

Selain itu, teknologi LTE ini juga memiliki Arsitektur Internet protokol (IP) yang memungkinkan kecepatan akses yang lebih cepat dari pada arsitektur *Circuit-Switching* yang di gunakan pada generasi sebelumnya.

Seperti pada generasi – generasi sebelumnya kecepatan data pada teknologi LTE ini juga bisa di pengaruhi oleh banyak faktor, yaitu faktor internal seperti *bandwidth*, dan kekuatan sinyal. Dan faktor eksternal seperti UE (*User Equipment*), Geografis dan cuaca.

2.2 Arsitektur Jaringan LTE

Arsitektur jaringan LTE jika kita lihat sebenarnya cukup sederhana seperti dengan teknologi jaringan yang telah ada sebelumnya. Seperti pada gambar 2.3. Keseluruhan arsitektur LTE terdiri dari beberapa eNodeB yang menyediakan akses dari UE ke E-Utran [4].



Gambar 2. Arsitektur LTE (V.S. Kusumo, dkk, 2015)[4].

2.3 Major Quality of Services (QOS) KPI pada LTE

Parameter *Quality of Services* KPI yang ada pada teknologi LTE terdiri atas 4 macam [5], yaitu sebagai berikut:

A. Accessibility

Kemampuan *user* mengakses jaringan untuk *menginisiasi* komunikasi. Contoh pada jaringan 4G LTE yang termasuk dalam kategori *Accessibility* adalah *ERAB Success Rate(%)*, *LTE RRC Setup Success(%)*, *Call Setup Success Rate(%)*, *LTE Attach Success Rate(%)*, *Services Request (EPS) Success Rate(%)*.

B. Retainability

Bagaimana menjaga jaringan pada performansi bagus. Contoh pada jaringan LTE yang termasuk dalam kategori *retainability* adalah: *Services Drop Rate(%)*.

C. Mobility

Bagaimana pengguna dapat bergerak dengan mudah dari suatu tempat ke tempat lain tanpa terjadi pemutusan hubungan. Contoh pada jaringan LTE yang termasuk dalam kategori *Mobility* adalah *Intra Freq HO Attemp Success Rate(%)*, *Intra Freq HO Success Rate(%)*, dan lain-lain.

D. Integrity

Bagaimana trafik besar di dalam jaringan, Contoh pada jaringan LTE yang termasuk dalam kategori integrity adalah sebagai berikut, MAC Troughput UL dan DL Avg (Kbit/s) dll.

2.4. 4G LTE Drive test

Drive test merupakan salah satu bagian pekerjaan dalam optimalisasi jaringan radio. *Drive test* bertujuan untuk mengumpulkan informasi jaringan secara *real* di lapangan[4]. Berikut dibawah ini merupakan parameter yang digunakan dalam *drive test* Pada teknologi LTE.

A. RSRP (Reference Signal Received Power)

Power dari sinyal reference, parameter ini adalah parameter spesifik pada *Drive Test* 4G LTE dan digunakan oleh perangkat untuk menentukan titik *handover*. Pada teknologi 2G parameter ini bisa dianalogikan seperti *RxLevel* sedangkan pada 3G dianalogikan sebagai RSCP [4].

Tabel 1 RSRP dan nilainya untuk parameter analisis *drive test*

RSRP (dBm) Range	Kategori RSRP
>= -90 dan < 0	Good
< -90 dan > -110	Fair
<= -110 dan >= -150	Poor

B. SINR (S/(I+N) (Signal Interference to Noise Ratio))

SINR Adalah perbandingan kuat sinyal di dibandingkan *noise background*. Nilai SINR *user* pada perbatasan sel (*cell edge*) secara tidak langsung akan mempengaruhi *throughput user*, jika nilai SINR besar maka *throughput* juga besar akan tetapi jika SINR kecil maka nilai *throughput* semakin kecil [6]. Dimana nilai SINR dapat dihitung dengan Persamaan berikut.

$$SINR = \frac{S}{(I+N)} \tag{1}$$

S = Mengindikasikan daya sinyal diinginkan untuk diterima pada UE

I = Daya sinyal yang di ukur atau sinyal interferensi dari cell – cell yang lain.

N = Mengindikasikan noise bacground, yang berkaitan dengan perhitungan bandwidth dan koefisien noiseyang diterima.

Pada teknologi 2G parameter ini bisa dianalaogikan seperti *RxQual*, sedangkan pada 3G dianalogikan sebagai *EcNo*. Tabel dibawah ini menunjukkan contoh *range* SINR yang digunakan pada suatu operator.

Tabel 2 SINR dan nilainya untuk parameter analisis *drive test*

SINR (dBm) Range	Kategori SINR
>= 10	Good
< 10 dan >= 0	Fair
< 0	Poor

C. RSRQ (Reference Signal Received Quality)

RSRQ adalah rasio antara RSRP dan RSSI (*Received Signal Strength Indicator*). Seperti pada persamaan berikut :

$$RSRQ = 10 \cdot \log_{10}(RB) + (RSRP)_{dB} - RSSI_{dB} \quad (2)$$

RB adalah *resource Block* dari bandwidth yang diukur. RSRQ dapat dibandingkan dengan E_c/N_0 yaitu kualitas sinyal pada UMTS

Tabel 3 RSRQ dan nilainya untuk parameter analisis *drive test*

RSRQ (dBm) Range	Kategori RSRQ
≥ -12	Good
< -12 dan > -18	Fair
< -18	Poor

D. Throughput

Throughput pada *drivetest* LTE adalah nilai Kecepatan data (Kbit/s) dari UE ke ENodeB, Kita dapat menghitung 2 tipe Throughput yaitu Download dan Upload[5]. Akan tetapi, Untuk menyesuaikan dengan kebutuhan masyarakat biasanya kegiatan *drive test* dilakukan dengan menggunakan metode download.

3. PEMBAHASAN

Dalam kegiatan penelitian ini. Metode juga terbagi atas metode pengambilan sample dan metode analisa masalah. Metode pengambilan sample dalam penelitian ini menggunakan metode *Drive Test* yang selanjutnya akan dianalisa apakah sesuai atau belum dengan standar KPI PT. Telkomsel dengan cara membandingkan hasil *Drive Test* dengan standar KPI.

Selanjutnya data KPI *drive test inner city* di bandingkan dengan data KPI *drive test rural* untuk mengetahui sudah sejauh mana perbandingan performansi diantara kedua lokasi di kota Palembang tersebut.

Kegiatan *drive test* dilakukan dengan menggunakan alat ukur sebagai berikut untuk melakukan pengukuran yang memiliki fungsinya masing – masing sebagai berikut :

- a. Nemo Handy 7.20 (dalam penelitian ini menggunakan alat ukur bermerk Samsung Galaxy Note 4) berfungsi sebagai *devices* yang bertugas untuk pelaksanaan pengukuran sekaligus pemetaan titik – titik pengukuran sinyal dari BTS - BTS yang sedang diukur performansinya (Kualitas sinyalnya).
- b. Laptop with OS. Windows 7 *available* Nemo Analyze 7.20 berfungsi sebagai *devices* yang berfungsi untuk menganalisis log dari hasil *Drive Test* yang sudah dilakukan dengan menggunakan *software* Nemo Handy 7.20

3.1 Report Hasil *Drive Test* RSRP (*Reference Signal Received Power*) *Dedicated Mode Rural*

RSRP merupakan kuat sinyal pada LTE yang di terima oleh *User Equipment*. Sama halnya dengan RSCP (*Received Signal Code Power*) pada teknologi WCDMA dan RxLevel pada teknologi 2G. Kualitas RSRP dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4 Kualitas RSRP *Dedicated Mode mini cluster* LTE rural Kota Palembang

ID	Range Nilai RSRP <i>Dedicated Mode</i> (dBm)	Jumlah Data	Persentase Jumlah Data
1.	> -90 & < 0	3398	89.91%
2.	< -90 & > -100	381	10.09%
3.	≤ -110 & ≥ -150	0	0.00%

Pada tabel 4 dapat dilihat kualitas RSRP *Dedicated Mode* mencapai nilai 100% untuk $\geq(-100)$ dBm sehingga sudah optimal karena sudah memenuhi standar KPI telkomsel yaitu $90\% \geq (-100)$ dBm.

3.2 Report Hasil Drive Test SINR (Signal Interference to Noise Ratio) Dedicated Mode Rural

SINR merupakan perbandingan kuat sinyal dibandingkan *noise background*. SINR merupakan *Rx Qual* pada teknologi 2G dan sebanding dengan *Ec/No* pada teknologi WCDMA. Kualitas SINR pada data hasil *drive test* ditunjukkan oleh Tabel 5.

Tabel 5 Kualitas SINR *Dedicated Mode mini cluster LTE rural* Kota Palembang

ID	Range Nilai SINR <i>Dedicated Mode</i> (dBm)	Jumlah Data	Persentase Jumlah Data
1.	≥ 10	1427	37.63%
2.	$< 10 \ \& \ \geq 0$	2050	54.03%
3.	< 0	316	8.34%

Pada tabel 5 dapat dilihat kualitas SINR *Dedicated Mode* adalah 84.62% < 0 dBm masih belum optimal karena belum memenuhi standar KPI Telkomsel yaitu $90\% < 0$ dBm dan memerlukan optimalisasi untuk dapat mencapai standar KPI Telkomsel.

3.3 Report Hasil Drive Test RSRQ (Reference Signal Received Quality) Dedicated Mode Rural

RSRQ merupakan perbandingan antara RSRP dan RSSI dan merupakan salah satu indikator penentu kualitas sinyal yang di terima user. Kualitas RSRQ pada data hasil *drive test* ditunjukkan oleh Tabel 6.

Tabel 6 Kualitas RSRQ *Dedicated Mode mini cluster LTE rural* Kota Palembang

ID	Range Nilai RSRQ <i>Dedicated Mode</i> (dBm)	Jumlah Data	Persentase Jumlah Data
1.	≥ -12	2900	76.74%
2.	$< -12 \ \& \ > -18$	859	22.73%
3.	< -18	20	0.53%

Pada tabel 6 dapat diketahui bahwa nilai RSRQ yang berada pada $< (-18)$ dBm adalah sebesar 99.57% dapat dikatakan optimal karena sudah memenuhi standar KPI telkomsel sebesar $90\% < (-18)$ dBm.

3.4 Report Hasil Drive Test Troughput Dedicated Mode Rural

Troughput merupakan kecepatan transmisi data atau informasi yang ditransfer per satuan waktu. Terdapat 2 jenis *troughput* yaitu *Download* dan *Upload*. Untuk hasil *drive test* hanya terdapat *troughput download* maka berikut adalah tabel 7 yang menyajikan data *Troughput download*.

Tabel 7 Kualitas *Troughput Dedicated Mode mini cluster* LTE rural Kota Palembang

ID	Range Nilai <i>Troughput Dedicated Mode</i>	Jumlah Data	Persentase Jumlah Data
.1.	≥ 5000000 & > 50000000	1185	40.46%
2.	≥ 2000000 & < 5000000	900	30.71%
3.	≥ 1000000 & < 2000000	433	14.78%
4.	≥ 512000 & < 1000000	190	6.47%
5.	≥ 256000 & < 512000	101	3.44%
6.	≥ 128000 & < 256000	67	2.28%
7.	0 & 128000	55	1.86%

Berdasarkan standar KPI telkomsel yaitu $80\% \geq 2$ Mbps. Maka *Troughput Dedicated Mode mini cluster* LTE rural Kota Palembang sebanyak 71.17% ≥ 2 Mbps belum memenuhi standar KPI Telkomsel.

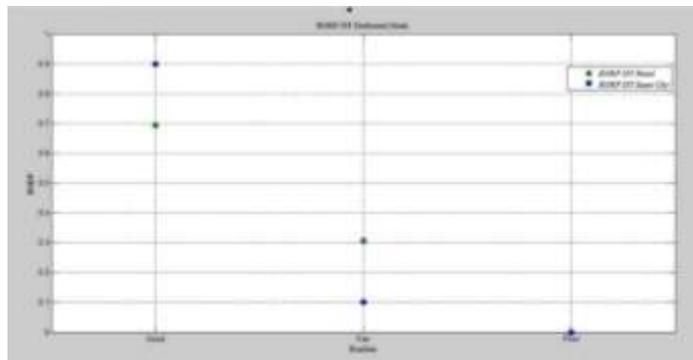
3.5 Report Hasil *Drive Test RSRP (Reference Signal Received Power) Dedicated Mode Inner City*

Berikut adalah hasil *drive test* RSRP *Inner City* kota Palembang yang disajikan pada tabel 8.

Tabel 8 Kualitas RSRP *Dedicated Mode mini cluster* LTE *Inner City* Kota Palembang

ID	Range Nilai RSRP <i>Dedicated Mode</i> (dBm)	Jumlah Data	Persentase Jumlah Data
1.	> -90 & < 0	3398	89.91%
2.	< -90 & > -100	381	10.09%
3.	≤ -110 & ≥ -150	0	0.00%

Pada tabel 8 dapat dilihat kualitas RSRP *Dedicated Mode* mencapai nilai 100% untuk $\geq (-100)$ dBm sehingga sudah optimal karena sudah memenuhi standar KPI telkomsel yaitu $90\% \geq (-100)$ dBm. Adapun grafik perbandingan performansi Rural dan Inner City dapat kita lihat sebagai berikut:



Gambar 3. Grafik Perbandingan Kualitas RSRP *Inner City* dan Rural

Dari tabel di atas dapat kita lihat wilayah *inner city* memiliki kualitas yang lebih baik yaitu sekitar 89.91% berada pada *range good* dan 10.09% pada *range fair*. Sedangkan wilayah *rural* 69.46% berada *range good* dan 30.54% pada *range fair*.

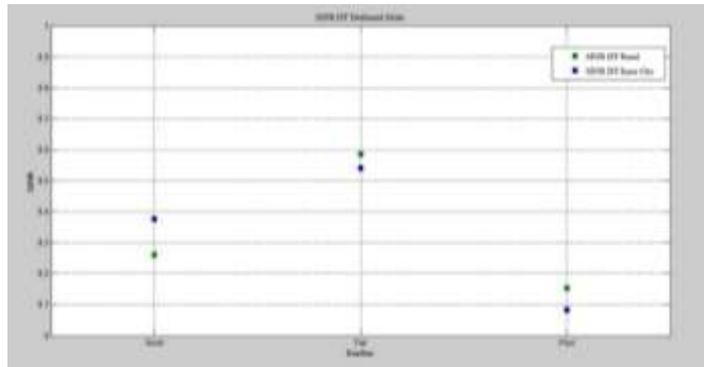
3.6 Report Hasil Drive Test SINR (Signal Interference to Noise Ratio) Dedicated Mode Inner City

Berikut adalah hasil *drive test* RSRP Inner City kota Palembang yang disajikan pada tabel 9.

Tabel 9 Kualitas SINR Dedicated Mode mini cluster LTE Inner City Kota Palembang

ID	Range Nilai SINR Dedicated Mode (dBm)	Jumlah Data	Persentase Jumlah Data
1.	≥ 10	1427	37.63%
2.	$< 10 \ \& \ \geq 0$	2050	54.03%
3.	< 0	316	8.34%

Dilihat pada tabel 9 di atas nilai SINR hasil *drive test inner city* dengan capaian untuk ≥ 0 dBm adalah sebesar 91.66% dan dapat dikatakan optimal karena sudah memenuhi standar KPI Telkomsel yaitu 90% ≥ 0 dBm. Adapun grafik perbandingan SINR antara wilayah *rural* dan *inner city* kota Palembang dapat kita lihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4. Grafik Perbandingan Kualitas SINR Inner City dan Rural

Berdasar grafik di atas SINR di wilayah *inner city* memiliki kualitas yang lebih baik yaitu sekitar 37.63% berada pada *range good*, 54.03% berada pada *range fair* dan 8.34% berada *range bad*. Sedangkan untuk *rural* 26.05% berada pada *range good*, 58.57% berada pada *range fair* dan 15.37% pada *range bad*.

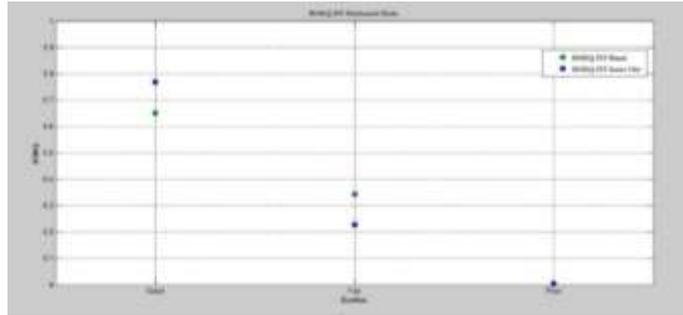
3.7 Report Hasil Drive Test RSRQ (Reference Signal Received Quality) Dedicated Mode Inner City

Berikut adalah hasil *drive test* RSRP Inner City kota Palembang yang disajikan pada tabel 10.

Tabel 10 Kualitas RSRQ Dedicated Mode mini cluster LTE Inner City Kota Palembang

ID	Range Nilai RSRQ Dedicated Mode (dBm)	Jumlah Data	Persentase Jumlah Data
1.	≥ -12	2900	76.74%
2.	$< -12 \ \& \ > -18$	859	22.73%
3.	< -18	20	0.53%

Berdasar tabel 10 diatas Nilai RSRQ sebanyak 99.47% $> (-18)$ dBm sudah memenuhi standar KPI Telkomsel yaitu 90% $> (-18)$ dBm dan dapat dikatakan sudah optimal. Adapun grafik perbandingan RSRQ *inner city* dan *rural* dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 5. Grafik Perbandingan Kualitas SINR *Inner City* dan *Rural*

Berdasar grafik di atas RSRQ di wilayah *inner city* memiliki kualitas yang lebih baik yaitu sekitar 76.74% berada pada *range good*, 22.73% berada pada *range fair* dan 0.53% berada *range bad*. Sedangkan untuk *rural* 65.16% berada pada *range good*, 34.43% berada pada *range fair* dan 0.41% pada *range bad*.

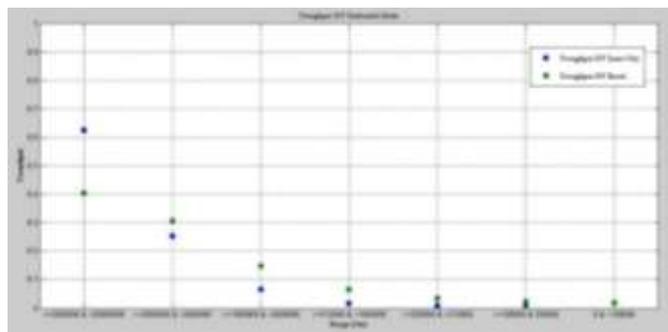
3.8 Report Hasil Drive Test Throughput Dedicated Mode Inner City

Berikut adalah hasil *drive test* RSRP *Inner City* kota Palembang yang disajikan pada tabel 11.

Tabel 11 Kualitas *Throughput Dedicated Mode mini cluster* LTE *inner city* Kota Palembang

ID	Range Nilai Throughput Dedicated Mode	Jumlah Data	Persentase Jumlah Data
1.	≥ 5000000 & > 5000000	1471	62.58%
2.	≥ 2000000 & < 5000000	598	25.43%
3.	≥ 1000000 & < 2000000	154	6.55%
4.	≥ 512000 & < 1000000	41	1.73%
5.	≥ 256000 & < 512000	19	0.81%
6.	≥ 128000 & < 256000	26	1.10%
7.	0 & < 128000	42	1.79%

Berdasarkan standar KPI telkomsel yaitu $80\% \geq 2$ Mbps. Maka *Throughput Dedicated Mode mini cluster* LTE *inner city* Kota Palembang sebanyak $88.1\% \geq 2$ Mbps sudah memenuhi standar KPI Telkomsel. Berikut grafik perbandingan *Throughput inner city* dan *rural* di Kota Palembang.



Gambar 6. Grafik Perbandingan Kualitas *Throughput Inner City* dan *Rural*

Berdasar grafik di atas diketahui bahwa *throughput inner city* kota Palembang yang berada pada *range* 5Mbps – 50 Mbps sebanyak 62.58% yang lebih banyak dibandingkan wilayah *rural* yang hanya mencapai 40.46% untuk *range throughput* yang sama. Untuk wilayah *inner city* pada

range 2Mbps – 5Mbps sebesar 25.43% yang lebih kecil dibanding wilayah *rural* yaitu sebesar 30.71%. Sedangkan untuk *range* 0Mbps – 2Mbps *inner city* totalnya sebesar 11.98% sedangkan untuk *rural* 28.81%..

4. Kesimpulan

1. Untuk wilayah *rural* didapatkan hasil yaitu RSRP *dedicated mode* sebesar 100% untuk $\geq(-100)$ dBm, SINR *dedicated mode* 84.62% <0dBm, RSRQ *dedicated mode* 99.59% <(-18) dBm dan *throughput dedicated mode* 71.17% ≥ 2 Mbps sehingga *throughputnya* belum optimal dengan kualitas RSRP dan RSRQ yang sudah memenuhi standar KPI telkomsel.
2. Untuk wilayah *inner city* didapatkan hasil yaitu RSRP *dedicated mode* 100% untuk $\geq(-100)$ dBm, SINR *dedicated mode* sebesar 91.66% <0dBm, RSRQ *dedicated mode* 99.47% > (-18) dBm dan *throughput dedicated mode* 88.1% ≥ 2 Mbps sehingga *throughputnya* sudah optimal sesuai dengan parameter - parameter lainnya yang sudah optimal.
3. secara keseluruhan wilayah *inner city* sudah memiliki performansi LTE yang baik untuk mendukung pelayanan *mobile internet* di kota. Sedangkan untuk wilayah *rural* masih memerlukan peningkatan dikarenakan nilai *throughputnya* belum optimal yaitu 71.17% ≥ 2 Mbps dibawah standar KPI Telkomsel yaitu 80% ≥ 2 Mbps.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suyuti,dkk . 2011. *Studi Perkembangan LTE dan Wimax di Indonesia*. Jurnal Ilmiah :Vol.09, no.02
- [2] Prasetya muhharam. 2016. *Mekanisme carrier Aggregation pada Jaringan 4G LTE-Advanced*. Universitas Negeri Lampung
- [3] Bambang Wahyu Santoso, Catur Iswahyudi, Joko Triyono. 2015. *Teknologi 4G Pada Jaringan GSM Untuk Kebutuhan Mobile Internet di Kota Yogyakarta*. Jurnal Jarkom : Vol.02, no. 02
- [4] V.S Kusumo, P.K. Sudiarta, I.P. Ardana. 2015. *Analisis Performansi dan Optimalisasi Layanan LTE Telkomsel di Denpasar Bali*. E-Journal Spektrum : Vol.2, no. 3
- [5] Wardhana, dkk. 2014. *4G Handbook Edisi Bahasa Indonesia*. Jakarta : Nulis Buku
- [6] Uke, K, dkk. 2011. *Fundamental Teknologi Seluler LTE, Rekayasa Sains Bandung* : Rekayasa sains