

Analisis Perencanaan Migrasi Jaringan 3G menuju Jaringan LTE di Pusat Kota Kudus

Latifah Hidayanti^{#1}, Uke Kurniawan Usman^{#2}, Dhimas Syahril Fattah Inhardy^{*3}

[#]Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom Bandung
Jl. Telekomunikasi Terusan Buah Batu Indonesia 40257, Bandung, Indonesia

¹lthf2303@gmail.com

²ukeusman@telkomuniversity.ac.id

*PT Telkom Regional Jateng & DIY
Jl. Pahlawan No 10 Semarang Jawa Tengah

³dhimas_sf_inhardy@telkomsel.co.id

Abstract— Improving the quality of data services that have better coverage and capacity is a challenge for telecom operators in urban areas, one of which is the Kudus City. Kudus City is a city famous for the tour of menara Kudus which every day packed by tourists and also indigenous people, this resulted in the number of users that can not be served by NodeB. In Kudus City Center there are 4 NodeBs to serve data communications using 3G technology, but there is one NodeB that is unable to service the data communication needs due to its full traffic capacity and high payload demand. In this research, migration planning from 3G network to LTE (Long Term Evolution) using frequency of 1800 MHz in Kudus City. Migration planning based on existing conditions using drive test and 3G payload traffic. LTE network planning that has been done using simulation software atoll 3.2 on the capacity and coverage side. The simulation results before and after the migration showed the parameter of the coverage side increased by 45.16%, while the capacity increased and the average throughput increased from 1.255 kbps to 19.672 kbps.

Keywords— Migration, 3G, Long Term Evolution, coverage, capacity, throughput

Abstrak— Meningkatkan kualitas layanan data yang memiliki cakupan dan kapasitas yang lebih baik merupakan tantangan bagi operator telekomunikasi pada daerah urban, salah satunya Kota Kudus. Kota Kudus merupakan kota yang terkenal dengan wisata menara Kudus yang setiap hari dipadati oleh wisatawan maupun penduduk asli. Hal ini mengakibatkan banyaknya *user* yang tidak dapat dilayani oleh NodeB. Di Pusat Kota Kudus terdapat 4 NodeB untuk melayani komunikasi data menggunakan teknologi 3G. Akan tetapi, terdapat salah satu NodeB yang tidak mampu melayani kebutuhan komunikasi data karena kapasitas trafik yang penuh dan permintaan *payload* yang tinggi. Pada penelitian ini, dilakukan perencanaan migrasi dari jaringan 3G ke LTE (Long Term Evolution) menggunakan frekuensi 1800 MHz di Kota Kudus. Perencanaan migrasi berdasarkan pada kondisi *existing* menggunakan *drive test* dan trafik *payload* 3G. Perencanaan jaringan LTE yang telah dilakukan menggunakan *software* simulasi Atoll 3.2 pada sisi *capacity* dan *coverage*. Hasil simulasi sebelum dan sesudah dilakukan migrasi menunjukkan parameter dari sisi *coverage* mengalami peningkatan sebesar 45,16%, *average throughput* meningkat dari 1.255 kbps menjadi 19.672 kbps.

Kata Kunci— Migrasi, 3G, Long Term Evolution, coverage, kapasitas, dan throughput

I. PENDAHULUAN

Kota Kudus merupakan daerah yang terkenal dengan destinasi wisata menara Kudus yang setiap hari dipadati oleh wisatawan maupun penduduk asli. Sering terjadi penumpukan *user* di pusat Kota Kudus, terutama ketika *weekend* dan hari libur, sehingga berdampak pada banyaknya *user* yang tidak dapat dilayani oleh NodeB. Di pusat Kota Kudus terdapat 4 NodeB untuk melayani komunikasi data menggunakan teknologi 3G. Akan tetapi, terdapat salah satu NodeB yang tidak mampu melayani kebutuhan komunikasi data karena kapasitas trafik yang penuh dan permintaan *payload* yang tinggi.

Dengan kata lain, dibutuhkan suatu teknologi yang dapat mendukung kebutuhan komunikasi data dengan kecepatan tinggi dan dapat mendukung semua fitur layanan yang digunakan. Long Term Evolution (LTE) merupakan teknologi seluler generasi ke-4 yang keseluruhannya berbasis Internet Protocol (IP) yang mendukung transfer paket data dengan *data rate* yang tinggi dengan keadaan *user* pada kondisi bergerak dalam kecepatan tinggi [1].

Penelitian ini melakukan perencanaan migrasi dari jaringan 3G ke jaringan LTE dengan studi kasus Operator Telkom di Pusat Kota Kudus menggunakan frekuensi 1800 MHz. Proses perencanaan migrasi jaringan LTE dilakukan dengan memperhitungkan kondisi *existing* jaringan 3G berupa data *drive test* dan trafik *payload* 3G. Jika tidak terdapat permasalahan pada kondisi jaringan *existing* 3G dan trafik *payload* 3G, seperti *poor coverage* yang dapat menyebabkan terjadinya *low coverage*, *low capacity*, dan *low throughput*, akan sia-sia melakukan migrasi jaringan. Sebelum dilakukan migrasi, perlu dilakukan analisis terlebih dahulu terhadap hasil kondisi jaringan *existing* 3G dan trafik *payload* 3G untuk mengetahui apakah terdapat permasalahan, seperti *low coverage*, *low capacity*, dan *low throughput*. Setelah itu, perlu dilakukan perencanaan jaringan pada sisi *coverage* dan *capacity* untuk mengetahui jumlah site yang dibutuhkan. Kemudian perlu dilakukan simulasi menggunakan *software* A-

toll 3.2 untuk mengetahui arah pancaran *site* yang dibutuhkan berdasarkan perencanaan, apakah sudah mencakup daerah yang dilakukan migrasi. Kemudian perlu dilakukan analisis terhadap hasil perencanaan migrasi untuk mengetahui apakah *coverage*, *capacity* dan *throughput* terjadi peningkatan dari *coverage*, *capacity*, dan *throughput* sebelum dilakukan perencanaan migrasi ke jaringan LTE.

II. DASAR TEORI

A. Teknologi Radio WCDMA [2]

Teknologi WCDMA adalah teknologi radio yang digunakan pada sistem 3G/UMTS. Teknologi WCDMA sangat berbeda dengan teknologi jaringan radio GSM. Pada jaringan 3G dibutuhkan kualitas suara yang lebih baik, *data rate* yang semakin tinggi (mencapai 2 Mbps dengan menggunakan *release* 99 dan mencapai 10 Mbps dengan menggunakan HSDPA). Oleh sebab itu, *bandwidth* sebesar 5 MHz dibutuhkan pada sistem WCDMA.

B. Long Term Evolution [3]

Long Term Evolution (LTE) merupakan pengembangan standar teknologi 3GPP dengan menggunakan skema *multiple access* OFDMA pada *downlink* dan SC-FDMA pada *uplink* dengan ortogonalitas antara *user*, sehingga mengurangi interferensi dan meningkatkan kapasitas. LTE merepresentasikan standar teknologi *wireless* masa depan, kelanjutan dari teknologi UMTS yang berevolusi dari arsitektur berbasis *Circuit Switch* (CS) dan *Packet Switch* (PS), menjadi arsitektur berbasis All-IP.

C. Kondisi Jaringan Existing

Kondisi jaringan *existing* yang baik ditentukan oleh kemampuan suatu jaringan untuk dapat melayani komunikasi dengan baik. Komunikasi dapat dikatakan berjalan dengan baik apabila memenuhi nilai parameter yang telah distandarkan operator. Parameter jaringan 3G yang diukur pada penelitian ini, yaitu RSCP menunjukkan *coverage*, *Ec/No* menunjukkan *capacity*, dan *throughput* menunjukkan laju data 3G

1) *Receive Signal Code Power*: Tingkat kekuatan sinyal pada jaringan 3G yang diterima ponsel. Standar nilai RSCP yang digunakan operator Telkomsel ditunjukkan pada Tabel I.

2) *Energy Carrier to Noise*: Perbandingan rasio antara kekuatan sinyal dengan kekuatan derau (*noise level*). Standar nilai *Ec/No* yang digunakan operator Telkomsel ditunjukkan pada Tabel II.

TABEL I
RSCP RANGE [4]

RSCP Range	Keterangan
-60 dBm to Max	Excellent
-80 dBm to -60 dBm	Very Good
-92 dBm to -80 dBm	Good
-102 dBm to -92 dBm	Fair
Min to -102 dBm	Poor

3) *Throughput*: Tingkat laju rata-rata pengiriman data (*download* atau *upload*) yang berhasil melalui saluran komunikasi. Standar nilai *throughput* yang digunakan operator Telkomsel ditunjukkan pada Tabel III.

D. Skema Migrasi Jaringan 3G Menuju LTE

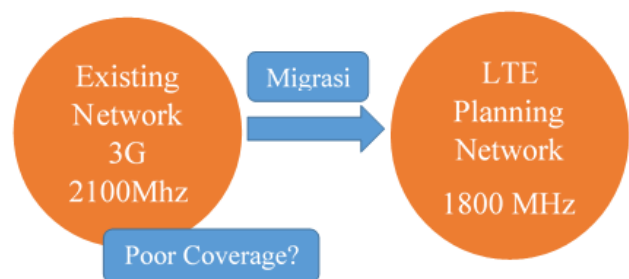
Untuk menentukan migrasi suatu jaringan perlu diperhatikan kondisi trafik *payload* pada jaringan dan kondisi *existing* suatu jaringan. Skema migrasi ditunjukkan Gambar 1. Kondisi trafik pada jaringan *existing* dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4, sedangkan untuk kondisi trafik dapat dilihat pada Gambar 5. Dalam hal ini, teknologi 3G dapat dilakukan migrasi ke teknologi LTE. Dalam melakukan migrasi suatu jaringan diperlukan 4 tahap, yaitu melihat kondisi trafik *payload* dan kondisi *existing* jaringan berupa data *drive test* untuk melihat permasalahan yang terjadi, seperti *low coverage*, *low capacity*, dan *low throughput*. Tahap kedua yaitu dengan melihat hasil trafik *payload* dapat mengetahui *site* yang bermasalah dengan melihat tingginya nilai *payload* suatu *site*. Tahap ketiga yaitu apakah dari hasil *drive test* untuk *coverage*, *capacity*, dan *throughput* sudah memenuhi nilai yang telah distandarkan. Tahap terakhir adalah melakukan perencanaan migrasi ke jaringan LTE.

TABEL II
Ec/No RANGE [4]

Ec/No Range	Keterangan
-9 dBm to 0 dBm	Excellent
-12 dBm to -9 dBm	Good
-15 dBm to -12 dBm	Fair
-30 dBm to -15 dBm	Poor

TABEL III
THROUGHPUT RANGE [4]

Range Throughput	Keterangan
1000 Mbps to 7200 Mbps	Excellent
512 Mbps to 1000 Mbps	Good
64 Mbps to 512 Mbps	Fair
0 Mbps to 64 Mbps	Poor



Gambar 1 Skema migrasi

E. Parameter Analisis Jaringan LTE

Unjuk kerja suatu jaringan ditentukan oleh kemampuan radi untuk dapat memulihkan informasi aslinya. Sebuah radio dibentuk dari perangkat keras RF, beberapa perangkat keras lainnya serta perangkat lunak pemroses sinyal. Perangkat keras RF memiliki SINR yang telah ditetapkan untuk mengambil informasi dari sinyal yang diterima. SINR yang dibutuhkan tidak sama, tergantung lingkungan dan laju errornya tiap kemungkinan throughput. Karena itu, unjuk kerja radio harus diperkirakan untuk semua kemungkinan yang terjadi. Parameter yang dibahas yaitu RSRP menunjukkan *coverage*, SINR menunjukkan *capacity*, dan *throughput* menunjukkan laju data jaringan LTE.

1) *RSRP*: Daya terima (RSRP) *user* merupakan hasil akumulasi daya pancar eNodeB dengan *noise* dan interferensi selama terjadi proses transmisi. Parameter ini menjadi salah satu bagian penting untuk mengetahui unjuk kerja jaringan. Bila daya terima berada di bawah batas *threshold*, maka terjadi penurunan kualitas dalam berkomunikasi. Perhitungan daya terima dari *link budget*, standar daya terima (dalam LTE disebut RSRP), ditunjukkan dalam Tabel IV.

2) *SINR*: Hubungan antara sinyal yang diinginkan dengan jumlah sinyal interferensi dari sel tetangga dan sinyal interferensi dari sel yang didiami digambarkan dalam SINR. Pada LTE SINR menggantikan nilai E_b/N_o dalam UMTS Rel. 99 (Tabel V). Hal ini dikarenakan E_b/N_o tidak mampu berperan besar dalam *Fast Link Adaptation* [6].

3) *Throughput*: Nilai maksimum *throughput* sistem dihitung dengan persamaan yang ditemukan oleh Shannon berdasarkan gagasan dari Nyquist dan Hartley (Tabel VI) [7].

F. Perencanaan Capacity

Langkah awal dilakukan prediksi trafik pelanggan untuk n tahun kedepan dengan melakukan peramalan pertumbuhan penduduk dengan persamaan (1) berikut ini [8]:

$$U_n = U_0 x (1 + f_p)^n \tag{1}$$

TABEL IV
RSRP RANGE [5]

RSRP Range	Keterangan
-80 dBm to 0 dBm	Excellent
-95 dBm to -80 dBm	Very Good
-100 dBm to -95 dBm	Good
-110 dBm to -100 dBm	Fair
-150 dBm to -110 dBm	Poor

TABEL V
SINR RANGE[5]

SINR Range	Keterangan
-20 dB to 0 dB	Poor
0 dB to 10 dB	Fair
10 dB to 20 dB	Good
20 dB to 40 dB	Excellent
Min to 2000 kbps	Poor

U_n adalah jumlah penduduk pada tahun ke- n , U_0 adalah jumlah penduduk pada tahun ke-0 pengamatan, dan f_p adalah faktor pertumbuhan penduduk

Langkah kedua menentukan *throughput* untuk tiap layanan dengan mencari *traffic model* dari layanan yang digunakan dapat dihitung besar *throughput*/layanan dengan persamaan (2) berikut ini [1]:

$$Throughput = BR \times ST \times SDR \times \left[\frac{1}{1 - BLER} \right] \tag{2}$$

- ST adalah *session time* atau durasi tiap layanan.
- SDR adalah *session duty ratio* atau rasio durasi tiap layanan.
- BR adalah *bearer rate* atau laju bit layer aplikasi.
- BLER adalah toleransi *block error rate*.

Untuk menghitung *single user throughput* (SUT) menggunakan persamaan (3) berikut ini [1]:

$$SUT = \frac{\sum Throughput \times BHSA \times PR \times (1 + peak\ to\ average\ ratio)}{3600} \tag{3}$$

- BHSA adalah jumlah pengaksesan layanan pada jam sibuk.
- PR adalah *penetration rate* atau penetrasi jaringan tiap daerah.
- *Peak to average ratio* adalah penetrasi rata-rata tiap daerah, nilai diasumsikan.

Kepadatan trafik LTE didapatkan dari persamaan (4) berikut ini [1]:

$$Network\ throughput = Total\ target\ user \times Single\ user\ throughput \tag{4}$$

Perhitungan kapasitas *throughput* tiap sel dapat dihitung menggunakan persamaan (5) berikut ini [1]:

$$DL\ cell\ capacity + CRC = (168 - 36 - 12) \times code\ bits \times Nrb \times C \times 1000 \tag{5}$$

CRC yang digunakan adalah 24, *resource element* dalam 1 ms adalah 168, *control channel RE* dalam 1 ms adalah 36, *reference signal RE* dalam 1 ms adalah 12, *code bits* adalah efisiensi modulasi, *code rate* adalah *channel coding rate*, *Nrb* adalah *number of resource block (RBs)*, dan *C* adalah MIMO *antenna mode*.

TABEL VI
LTE THROUGHPUT RANGE[5]

LTE Throughput Range	Keterangan
15000 kbps to Max	Excellent
8000 kbps to 15000 kbps	Very Good
4000 kbps to 8000 kbps	Good
2000 kbps to 4000 kbps	Fair

Jumlah sektor akan mempengaruhi jumlah kapasitas *site*. Sektor sel yang digunakan yaitu 3 sektor tiap *site*. Berikut ini adalah persamaan kapasitas *downlink site* dan *uplink site* [1]:

$$DL/UL \text{ site capacity} = (DL/UL \text{ site capacity}) \times \text{cell sector} \quad (6)$$

Dimensioning sel bertujuan untuk memberikan estimasi tentang kapasitas tiap *site* dan jumlah *site*. Kapasitas tiap *site* dapat dihitung setelah melakukan analisis konfigurasi perangkat untuk simulasi sistem [1].

$$\text{Jumlah site / sel} = \frac{\text{Kapasitas eNodeB}}{\text{Network throughput} \times \text{Jumlah sektor}} \quad (7)$$

$$\text{Luas cakupan sel} = \frac{\text{Luas daerah layanan}}{\text{Jumlah sel}} \quad (8)$$

$$\text{Jari - jari sel} = \sqrt{\frac{\text{Luas cakupan sel}}{1,95}} \quad (9)$$

G. Perencanaan Coverage

1) *Arah Uplink*: Arah *uplink power receiver* digambarkan sebagai *receiver sensitivity* (RS) dari UE arah *uplink* dengan persamaan (10) berikut ini [1]:

$$RS_{eNodeB} = TN_{eNodeB} + NF_{eNodeB} + SINR \quad (10)$$

- RS adalah *receiver sensitivity* dalam dBm.
- NF adalah *noise figure* eNodeB dalam dB.
- TN adalah *thermal noise per sub-carrier* dalam dBm.
- SINR adalah *required signal interference noise to ratio* dalam dB.

Kemudian didapatkan persamaan MAPL (*Maximum Allowable Path Loss*) untuk arah *uplink* sebagai berikut [1]:

$$MAPL_{uplink} = NF - RS - IM - PL - FM + GT - BL \quad (11)$$

- MAPL adalah *maximum allowable path loss* dalam dB.
- EIRP adalah *equivalent isotropic radiated power subcarrier* dalam dBm.
- PL adalah *penetration loss* (dB).
- FM adalah *fading margin* (dB).
- NF adalah *noise figure* (dB).
- RS adalah *receiver sensitivity* (dBm).
- IM adalah *interference margin* (dB).
- GT adalah *Rx antenna gain* (dB).

2) *Arah Downlink*: Dengan persamaan EIRP sebagai berikut [1]:

$$EIRP_{subscriber} = eNodeB \text{ Tx power} + eNodeB \text{ gain} - \text{cable loss} \quad (12)$$

- eNodeB Tx Power adalah *power transmit* eNodeB (dBm).
- eNodeB Gain adalah *antenna transmitter gain* (dBi).
- Cable loss adalah *transmitter cable loss* (dB).

Persamaan *receiver sensitivity* (RS) arah *downlink* sebagai berikut [1]:

$$RS_{ue} = TN + NF_{ue} + SINR \quad (13)$$

Kemudian didapatkan persamaan MAPL (*Maximum Allowable Path Loss*) untuk arah *downlink* sebagai berikut [1]:

$$MAPL_{downlink} = NF - RS - IM - PL - FM + GT - BL \quad (14)$$

- EIRP adalah *Equivalent Isotropic Radiated Power Subcarrier* (dBm).
- PL adalah *penetration loss* (dB).
- FM adalah *fading margin* (dB).
- NF adalah *noise figure* (dB).
- RS adalah *receiver sensitivity* (dBm).
- IM adalah *interference margin* (dB).
- GT adalah *Rx antenna gain* (dB).

3) *Perhitungan Jari-jari Sel*: Perencanaan dengan frekuensi 1800 MHz untuk LTE digunakan model propagasi COST-231 yang bekerja pada frekuensi 1500-2000 MHz. Persamaan model propagasi COST-231 sebagai berikut [9]:

$$L_p = 46,3 + 33,9 \log f_c - 13,82 \log h_b - a(h_r) + (44,9 - 6,55 \log h_b) \log d + CM \quad (15)$$

- $a(h_r)$ dihitung dari $(1,1 \log f - 0,7) h_r - (1,56 \log f - 0,8)$
- CM = 0.
- f_c adalah frekuensi kerja.
- h_b adalah tinggi *transmitter*.
- h_r adalah tinggi *receiver*.
- d adalah jari-jari sel.

4) *Perhitungan Jumlah Site*: Luas sel *coverage area* diperoleh setelah mendapatkan nilai sel radius. Antena yang digunakan dalam penelitian Tugas akhir ini menggunakan antena tiga sektoral, sehingga persamaan untuk memperoleh luas sel dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Luas sel} = 1,95 \times 2,6 \times d^2 \quad (16)$$

Sehingga diperoleh persamaan untuk jumlah sel sebagai berikut:

$$\text{Jumlah sel} = \frac{\text{Luas area layanan}}{\text{Luas sel}} \quad (17)$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Langkah Perencanaan

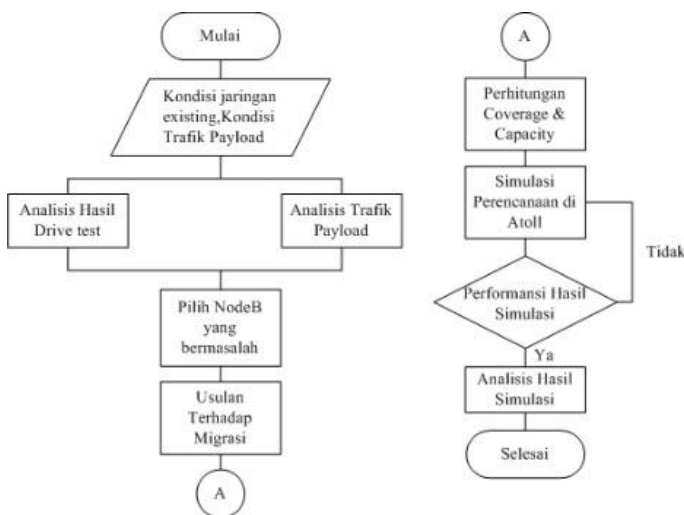
Bagian ini memaparkan tahapan perencanaan migrasi LTE. Langkah sistematis dijelaskan pada Gambar 2 melalui diagram alir untuk proses penelitian.

Dilakukan beberapa tahap pengerjaan sebagai alur kerja dengan memperhatikan beberapa aspek yang ingin diperoleh. Berikut ini merupakan tahapan pengerjaan dalam melakukan penelitian sebagai berikut:

1. Menentukan daerah penelitian dan melakukan survei lapangan.
2. Mengetahui kondisi *existing* dengan melakukan *drive test* jaringan 3G dengan parameter yang diukur, seperti RSCP untuk mengetahui *coverage*, E_c/N_o untuk mengetahui *capacity*, dan *throughput* untuk mengetahui laju data jaringan 3G dan trafik *payload* 3G.
3. Melakukan analisis terhadap hasil *drive test* dan trafik *payload* 3G, apakah terjadi permasalahan seperti *low coverage*, *low capacity*, dan *low throughput*.
4. Mengetahui NodeB yang bermasalah dengan melihat trafik *payload* jaringan 3G.
5. Melakukan usulan migrasi menuju jaringan LTE untuk meningkatkan *coverage*, *capacity*, dan *throughput*.
6. Melakukan perencanaan jaringan LTE dengan melakukan perhitungan dari sisi *coverage* dan *capacity* untuk mengetahui jumlah site yang dibutuhkan.
7. Melakukan simulasi menggunakan *software* perencanaan Atoll untuk mengetahui area pancaran *site* yang telah direncanakan.
8. Melakukan uji performansi *coverage*, *capacity*, dan *throughput*, apakah mengalami peningkatan dengan sebelum dilakukan migrasi.
9. Analisis terhadap hasil performansi, yaitu membandingkan hasil *coverage*, *capacity*, dan *throughput* bahwa terjadi peningkatan setelah dilakukan migrasi ke jaringan LTE.

B. Drivetest

Pada bagian ini memaparkan kondisi jaringan *existing* dengan hasil *drive test* 3G layanan data. *Drive test* dilakukan



Gambar 2 Diagram alir penelitian

dengan menggunakan sebuah mobil dengan kecepatan rendah. Adapun peralatan yang digunakan untuk *drive test* adalah sebagai berikut:

1. *Drive test tools* meliputi *handset* Sony Erricson W995, *USB cable*, GPS, dan laptop yang sudah terpasang *software* Tems Investigation 11.0.1.
2. *Data site* yang berisi *database site* berupa *cell file*.
3. *Data map* yang berisi *unmap* lokasi yang akan digunakan sebagai *rute drive test*

Pada penelitian ini metode yang digunakan untuk *drive test* adalah sebagai berikut:

1) *Dedicated Mode*: Metode *drive test* yang digunakan untuk mengetahui *coverage*, *quality*, dan *upload throughput* maupun *download throughput* suatu jaringan saat melakukan panggilan maupun *download* dan *upload*. Tabel VII adalah skenario *drive test* jaringan 3G.

Hasil *drive test* pada layanan data yang sudah dilakukan *plotting* menggunakan *software* Map Info 12.0 ditunjukkan pada Gambar 3.

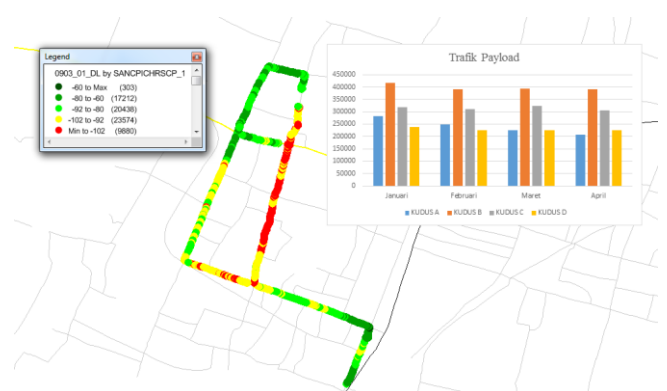
Gambar 3 menunjukkan hasil *drive test coverage* pada saat aktivitas UE *download*. Nilai RSCP pada beberapa *spot* yang berwarna hijau menunjukkan nilai RSCP sudah baik bernilai -60 dBm sampai -92 dBm sebesar 52%, sedangkan *spot* yang berwarna kuning-merah yang bernilai -102 dBm sampai -120 dBm sebesar 48% merupakan *spot* yang *coverage*-nya kurang baik dan menyebabkan kuat sinyal menjadi lemah.

Gambar 4 menunjukkan hasil *drive test* layanan data pada saat aktivitas UE *download*. Nilai *throughput download* menunjukkan bahwa beberapa *spot* yang memiliki nilai *throughput* lebih dari 1000 kbps sebesar 16%, *throughput* yang bernilai lebih dari 512 kbps sebesar 10%, *throughput* yang bernilai lebih dari 256 kbps sebesar 4,5%, *throughput* yang bernilai lebih dari 128 kbps sebesar 4% dan yang bernilai le-

TABEL VII

SKENARIO DRIVETEST 3G

MS	Network	Metode	Aktivitas UE
MS2	3G	Dedicated mode	Download
MS2	3G	Dedicated mode	Upload



Gambar 3 Hasil *drive test* Coverage_Download by RSCP

bih dari 0 kbps sebesar 66%. Nilai *throughput* yang memiliki cakupan paling luas sebesar 66% merupakan *spot* dengan *throughput download* yang kurang baik. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat permasalahan *low throughput* di beberapa *spot* yang disebabkan oleh *coverage* dan *quality* yang kurang baik di beberapa *spot* yang berwarna merah.

Gambar 5 menunjukkan hasil *drive test coverage* pada saat aktivitas UE *upload*. Nilai RSCP pada beberapa *spot* yang berwarna hijau menunjukkan nilai RSCP sudah baik, yaitu bernilai -60 dBm sampai -92 dBm sebesar 53%, sedangkan yang berwarna kuning-merah bernilai -102 dBm sampai -120 dBm sebesar 47% merupakan *spot* yang *coverage*-nya kurang baik yang menyebabkan kuat sinyal menjadi lemah.

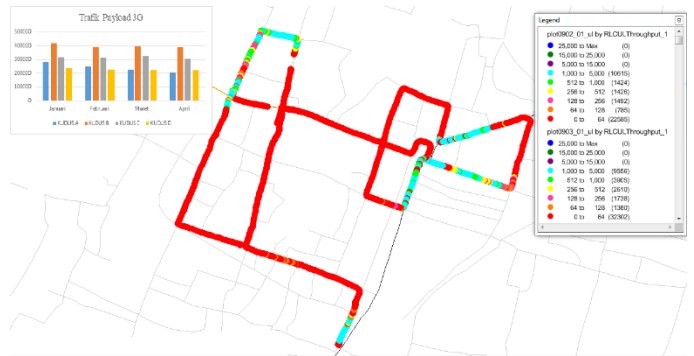
Gambar 6 menunjukkan hasil *drive test* layanan data pada saat aktivitas UE *upload*. Nilai *throughput upload* pada beberapa *spot* yang memiliki nilai *throughput* lebih dari 1000 kbps sebesar 23.5%, *throughput* yang bernilai lebih dari 512 kbps sebesar 6%, *throughput* yang bernilai lebih dari 256 kbps sebesar 4,5%, *throughput* yang bernilai lebih dari 128 kbps sebesar 3,5%, *throughput* yang bernilai lebih dari 64 kbps sebesar 2,5%, dan yang bernilai lebih dari 0 kbps sebesar 61%. Nilai *throughput* di atas yang memiliki cakupan paling luas sebesar 61% merupakan *spot* yang *throughput upload*-nya kurang baik. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat permasalahan *low throughput* di beberapa *spot* yang disebabkan oleh *coverage* dan *quality* yang kurang baik di beberapa *spot* yang berwarna merah.

C. Trafik Payload 3G

Trafik pelanggan untuk layanan data ini ditinjau dari teknologi 3G (UMTS). Trafik *payload* tersebut diambil pada rentang waktu 4 bulan, yaitu dari bulan Januari sampai April. Data trafik *payload* tersebut digunakan untuk mengetahui beban data *user* pada setiap *site* yang bermasalah. Gambar 7 merupakan grafik *site* yang bermasalah di pusat kota Kudus.

D. Perhitungan Capacity

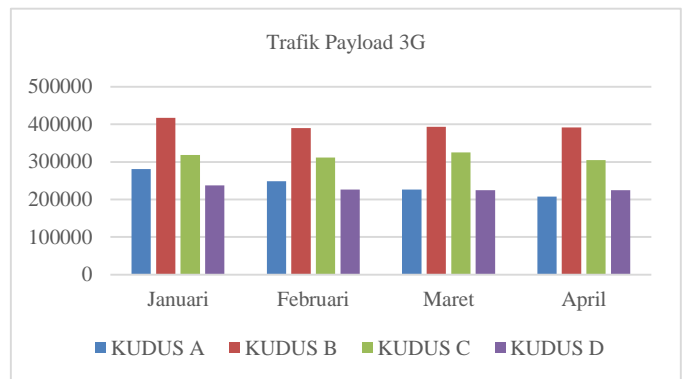
Berdasarkan data jumlah penduduk pusat Kota Kudus tahun 2014-2016 [10] dapat dilakukan *number of user forecasting* dari tahun ke-0 hingga ke-5 menggunakan persamaan (1), ditunjukkan pada Tabel VIII.



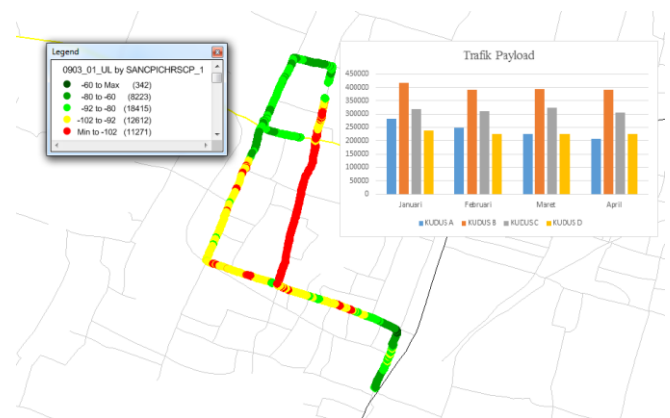
Gambar 6 Hasil *drive test* Throughput_Upload 3G



Gambar 4 Hasil *drive test* Throughput_Download 3G



Gambar 7 Grafik Trafik Payload 3G



Gambar 5 Hasil *drive test* Coverage_Upload by RSCP

TABEL VIII
FORECASTING NUMBER USER TAHUN 0-6

<i>n</i>	0	1	2	3	4	5
Tahun	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Penduduk	67.854	68.533	69.259	69.972	70.693	71.421
Penetrasi seluler (80%)	54.283	54.842	55.407	55.978	56.554	57.137
Market share (50%)	27.142	27.421	27.704	27.989	28.277	28.568
Pelanggan LTE (80%)	21.713	21.937	22.163	22.391	22.622	22.855

Setelah didapatkan *number of user forecasting*, maka dilakukan perhitungan *throughput* berdasarkan persamaan (2) dan *single user throughput* berdasarkan persamaan (3) dengan menggunakan *traffic model parameter* [11] untuk melakukan perhitungan *network throughput* berdasarkan persamaan (4). Setelah itu, dilakukan perhitungan DL *site capacity* pada persamaan (5) untuk mendapatkan jumlah *site* dan jari-jari *site*, seperti yang ditunjukkan pada Tabel IX.

Berdasarkan perhitungan dari sisi kapasitas dihasilkan jumlah *site* yang direncanakan dan didapatkan jari-jari sel sebesar 0.4019 km. Tahap selanjutnya adalah menentukan *pathloss* untuk perencanaan *coverage* menggunakan model propagasi COST-231 pada persamaan (17) dan nilai CM sebesar 0 dB sebagai berikut:

$$a(hr) = (1,1 \log 1857,5 - 0,7) \times 1,5 - (1,56 \log 1857,5 - 0,8) = 0,05 \text{ dB} \quad (18)$$

Nilai *pathloss* dengan model propagasi COST-231 adalah sebagai berikut:

$$PL = 46,3 + 33,9 \log 1857,5 - 13,82 \log 30 - 0,05 + (44,9 - 6,55 \log 30) \log 0,4019 + 0 = 46,3 + 110,81 - 20,41 - 0,05 - 13,94 + 0 = 122,71 \text{ dBm} \quad (19)$$

E. Perhitungan Coverage

1) *Arah Uplink*: Arah *uplink* dihitung dengan persamaan (10), RS_{eNodeB} adalah:

$$RS_{eNodeB} = TN_{eNodeB} + NF_{eNodeB} + SINR = -118,4 \text{ dBm} + 2 \text{ dB} + (-4 \text{ dB}) = -120,4 \text{ dBm} \quad (20)$$

TABEL IX
PERENCANAAN KAPASITAS

Parameter	Formula	Downlink
Area Wide (km ²)	a	10.47
Users	b	22855
Network Throughput (Mbps)	c	414.36
Site Capacity (Mbps)	d	33.23
Number of site	e	4.15
Number of user per site	f=b/e	5507.22
Luas cakupan (km ²)	g=a/d*3	0.3150
Jari-jari sel (km)	h= $\sqrt{g/1.95}$	0.4019
Jari-jari sel Atoll (km)	i= $\sqrt{g/2.6 \times 3}$	0.3480

Didapatkan MAPL (*Maximum Allowable Pathloss*) untuk arah *uplink* berdasarkan persamaan (11) pada Tabel X.

2) *Arah Downlink*: Arah *downlink* dihitung dengan persamaan (12), EIRP adalah:

$$EIRP_{subscriber} = eNodeB \text{ Tx power} + eNodeB \text{ gain} - \text{cable loss} = 43 \text{ dBm} + 18 \text{ dBm} - 2 \text{ dB} = 59 \text{ dBm} \quad (21)$$

Rx *sensitivity* arah *downlink* dengan persamaan (13) adalah sebagai berikut:

$$RS_{ue} = TN + NF_{ue} + SINR = -104 \text{ dBm} + 7 \text{ dB} + (-7 \text{ dB}) = -104 \text{ dB} \quad (22)$$

Didapatkan MAPL (*Maximum Allowable Pathloss*) untuk arah *downlink* berdasarkan persamaan (14) pada Tabel XI.

3) *Perhitungan Jari-jari Sel*: Perencanaan jaringan LTE ini menggunakan frekuensi 1857,5 MHz, sehingga model propagasi yang digunakan COST-231 dengan persamaan (15):

TABEL X
MAPL UPLINK

	Parameter	Formula	UL
General Parameter	Operating Band (MHz)	a	1762.5
	Bandwidth (MHz)	b	20
	Allocated Resource Block	c	100
Transmitter	UE Tx Power (dBm)	d	24
	Antena Gain (dBi)	e	0
	Cable loss	f	0
	EIRP	h=d+3-f	24
Receiver	SINR (dB)	i	-4
	Noise figure (dB)	j	2
	Thermal noise (dB)	k=10 log(k*T*B)	-118.4
	Receiver Noise Floor (dBm)	l=j+k	-116.4
	Receiver sensitivity (dBm)	m=l+i	-120.4
	Body loss	n	7
	Interference margin (dB)	o	8
	Rx antenna gain (dB)	p	13
	Penetration loss (dB)	q	6
	Fading Margin (dB)	r	15
	MAPL (dBm)	s=j-m-o-q-r+p-n	121

4) *Perhitungan Jari-jari Sel*: Perencanaan jaringan LTE ini menggunakan frekuensi 1857,5 MHz, sehingga model propagasi yang digunakan COST-231 dengan persamaan (15):

$$PL = 46,3 + 33,9 \log fc - 13,82 \log hT - a(hR) + (44,9 - 6,55 \log hT) \log d - CM$$

$$PL = 46,3 + 33,9 \log 1857,5 - 13,82 \log 30 - 0,05 + (44,9 - 6,55 \log 30) \log d - 0 \quad (23)$$

$$127 = 46,3 + 110,81 - 20,41 - 0,05 - (44,9 - 9,675) \log d$$

Maka $d = 0,532$ km atau 532 m.

Perencanaan jaringan LTE ini menggunakan konfigurasi *site 3 sektor (trisectoral)*, di mana luas selnya dinyatakan dalam persamaan (16):

$$Luas\ sel = 1,95 \cdot 2,6 \cdot d^2 = 1,95 \cdot 2,6 \cdot (0,532)^2 = 1,44\ km^2 \quad (24)$$

Diperoleh jumlah sel berdasarkan pada persamaan (17):

$$Jumlah\ sel = \frac{Luas\ area}{Luas\ sel} = \frac{10,47}{1,44} = 7,27 \approx 7\ sel \quad (25)$$

F. Analisis Hasil Perencanaan Migrasi

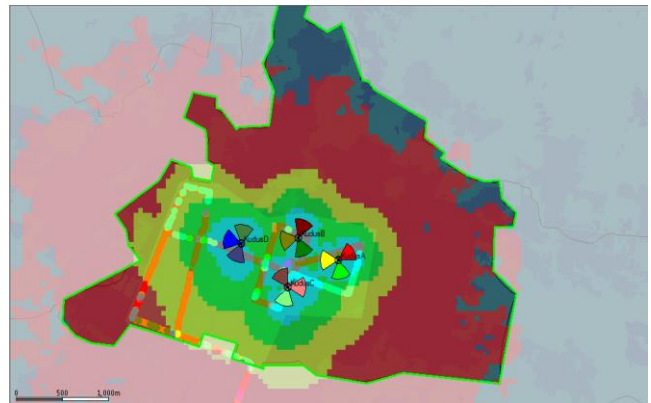
TABEL XI
MAPL DOWNLINK

General Parameter	Parameter	Formula	DL
General Parameter	Operating Band (MHz)	a	1857,5
	Bandwidth (MHz)	b	20
	Allocated Resource Block	c	100
Transmitter	eNodeB Tx Power (dBm)	d	43
	Cable loss	e	2
	eNodeB Gain (dB)	f	18
	EIRP per subcarrier	$g = d+f-e$	59
Receiver	SINR (dB)	h	-7
	Noise figure (dB)	i	7
	Thermal noise (dB)	$j = 10 \log(k \cdot T \cdot B)$	-104
	Receiver noise floor (dBm)	$k = i + j$	-97
	Receiver sensitivity (dBm)	$l = k + h$	-104
	UE body loss (dB)	m	4
	Interference margin (dB)	n	10
	Rx antenna gain (dBi)	o	0
	Penetration loss (dB)	p	12
	Fading Margin (dB)	q	10
	MAPL (dBm)	$r = g - l - n - p - q + o - m$	127

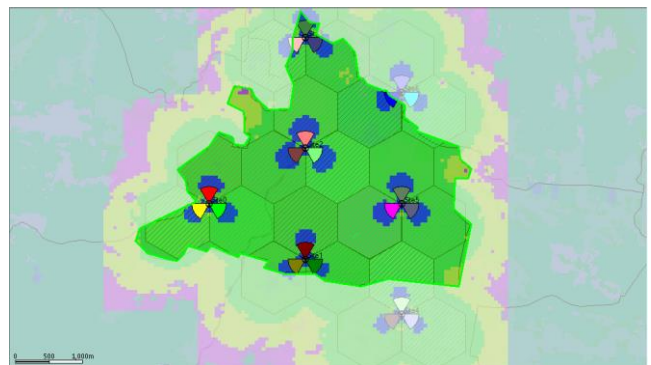
1) *Coverage by Signal Level*: Pada kondisi *existing* terdapat 4 *site* untuk melayani daerah Pusat Kota Kudus. Implementasi kondisi *existing* ini disimulasikan dengan melakukan tinjauan pada kondisi hasil simulasi *coverage by signal level* beserta histogram seperti pada Gambar 7.

Gambar 7 menunjukkan hasil simulasi *coverage* dengan level sinyal terima. Terlihat bahwa sebelum dilakukan migrasi, pada level daya terima sebesar -80 dBm memiliki cakupan sebesar 0,943 km², pada level sinyal terima sebesar -92 dBm memiliki cakupan sebesar 1,418 km², pada level sinyal terima sebesar -102 dBm memiliki cakupan sebesar 2,128 km², dan pada level daya terima lebih dari -102 dBm memiliki cakupan 5,043 km².

Gambar 8 menunjukkan hasil setelah dilakukan migrasi ke jaringan LTE level sinyal terima meningkat sebesar -80dBm dan memiliki cakupan sebesar 1,355 km², nilai level sinyal terima -95 dBm memiliki cakupan sebesar 9,148 km², sedangkan untuk level daya terima lebih dari -100 dBm memiliki cakupan sebesar 0,428 km². Dapat disimpulkan bahwa setelah dilakukan migrasi ke jaringan LTE terjadi peningkatan level daya terima sinyal sebesar 2,659% pada level daya terima -80 dBm, lalu meningkat sebesar 68,817% saat level daya terima range -90 dBm.



Gambar 7 Peta coverage by signal level sebelum migrasi



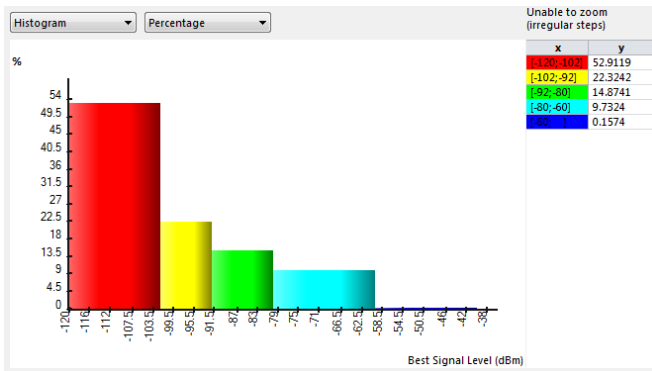
Gambar 8 Peta coverage by signal level sesudah migrasi

Gambar 9 dan 10 menunjukkan histogram *prediction coverage by signal level* sebelum dan sesudah dilakukan migrasi, berturut-turut. Hasil simulasi sebelum dilakukan migrasi nilai rata-rata level sinyal terimanya sebesar -108,15 dBm dan nilai level daya terimanya lebih dari -102 dBm, serta memiliki cakupan paling luas, yaitu sebesar 5,043 km². Setelah dilakukan migrasi ke jaringan LTE, nilai rata-rata level sinyal terima sebesar -64,79 dBm dan nilai level sinyal terima lebih dari -95 dBm, serta memiliki cakupan paling luas sebesar 9,148 km².

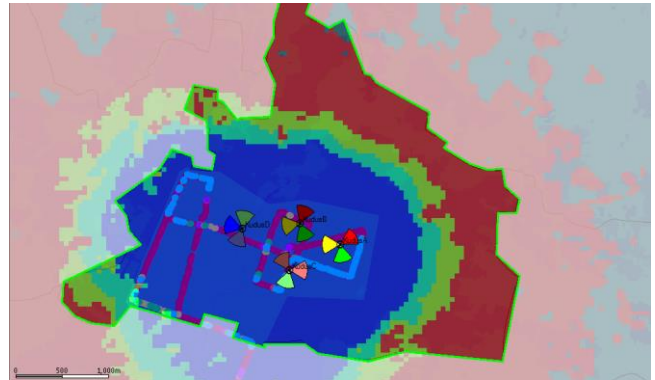
2) *Capacity*: Implementasi *capacity* pada kondisi *existing* 3G sebelum dilakukan migrasi dilakukan prediksi *pilot quality analysis*, sedangkan implementasi *capacity* pada LTE dilakukan prediksi *coverage by C/(I+N) level* dengan parameter SINR. Gambar 11 merupakan hasil simulasi sebelum dan sesudah migrasi beserta histogramnya.

Gambar 11 menunjukkan hasil simulasi sebelum dilakukan migrasi. Terlihat bahwa nilai *capacity* sebesar -12 dB sampai -9 dB memiliki cakupan 6,618 km², nilai *capacity* sebesar -15 dB sampai -12 dB memiliki cakupan sebesar 1,003 km², dan saat *capacity* bernilai lebih dari -15 dB memiliki cakupan sebesar 3,223 km².

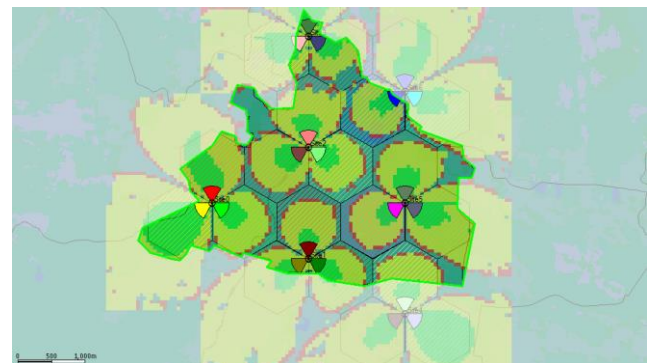
Gambar 12 menunjukkan bahwa setelah dilakukan migrasi ke jaringan LTE, nilai *capacity* sebesar -20 dB sampai 0 dB memiliki cakupan sebesar 0,715 km², nilai *capacity* sebesar 0 dB sampai 10 dB memiliki cakupan sebesar 5,582 km², nilai *capacity* sebesar 10 dB sampai 20 dB memiliki cakupan sebesar 2,175 km², dan saat *capacity* bernilai lebih dari 20 dB memiliki cakupan sebesar 0,003 km². Dengan melihat nilai *capacity* sebelum dilakukan migrasi dan sesudah dilakukan migrasi terjadi peningkatan saat nilai *capacity* dalam kategori *excellent* sebesar 21,278%.



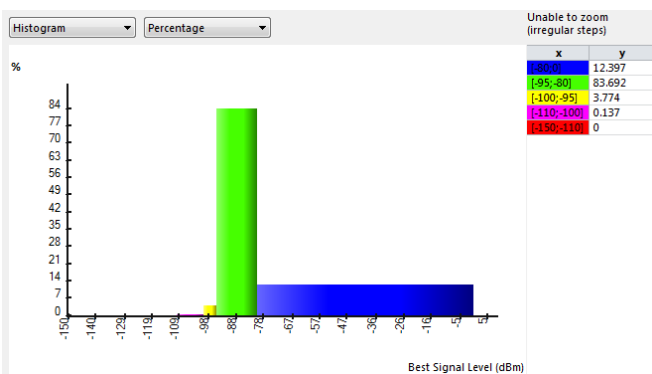
Gambar 9 Histogram *coverage by signal level* sebelum migrasi



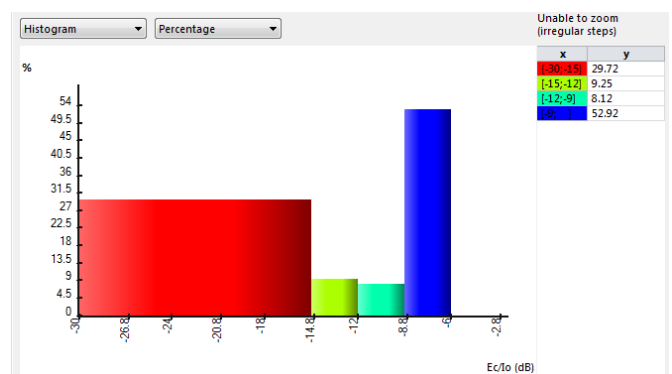
Gambar 11 Peta kapasitas sebelum migrasi



Gambar 12 Peta kapasitas sesudah migrasi



Gambar 10 Histogram *coverage by signal level* sesudah migrasi



Gambar 13 Histogram kapasitas sebelum migrasi

Gambar 13 dan 14 menunjukkan histogram *capacity* sebelum dan sesudah dilakukan migrasi ke jaringan LTE. Sebelum dilakukan migrasi, nilai rata-rata *capacity* sebesar -36,68 dB dan nilai *capacity* lebih dari -15 dB yang termasuk dalam kategori *bad capacity signal* memiliki cakupan cukup luas, yaitu 3,223 km². Setelah dilakukan migrasi ke jaringan LTE, nilai rata-rata *capacity* yang didapatkan sebesar 5,42 dB dan nilai *capacity* sebesar 0 sampai 10 dB, serta memiliki cakupan paling luas, yaitu sebesar 5,582 km².

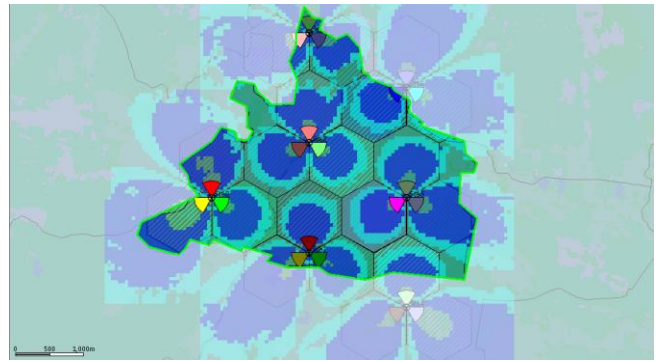
3) *Throughput*: Setelah migrasi ke jaringan LTE, implementasi *throughput* dilakukan dengan memprediksi *coverage by throughput DL*. Gambar 15 merupakan hasil simulasi sebelum dan sesudah dilakukan migrasi beserta histogramnya.

Gambar 15 menunjukkan hasil simulasi *coverage by throughput* sebelum dilakukan migrasi. Sebelum dilakukan migrasi, nilai *throughput* lebih dari 128 kbps mampu melayani cakupan 0,398 km². *Throughput* bernilai lebih dari 256 kbps memiliki cakupan sebesar 0,998 km², 512 kbps memiliki cakupan sebesar 1,445 km², 1000 kbps memiliki cakupan 2,725 km², dan lebih dari 5000 kbps memiliki cakupan 0,325 km².

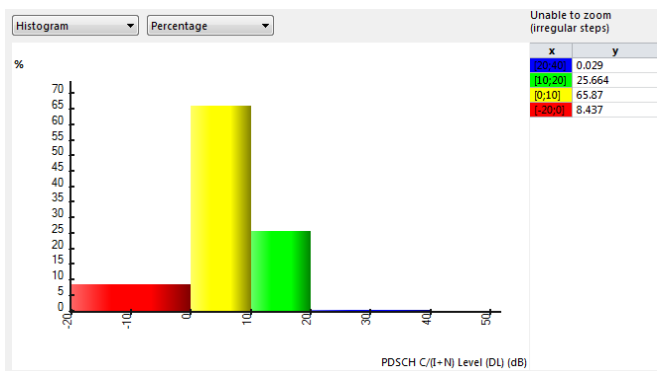
Gambar 16 menunjukkan hasil setelah migrasi ke jaringan LTE, nilai *throughput* 8000 – 15000 kbps memiliki cakupan

sebesar 2,675 km² dan nilai *throughput* bernilai lebih dari 15000 kbps, serta memiliki cakupan sebesar 5.05 km². Dapat disimpulkan bahwa setelah dilakukan migrasi ke jaringan LTE, nilai *throughput* mengalami peningkatan. Sebelum dilakukan migrasi hanya memiliki nilai *throughput* maksimum 5000 kbps, sedangkan sesudah dilakukan migrasi nilai *throughput* menjadi lebih dari 15000 kbps.

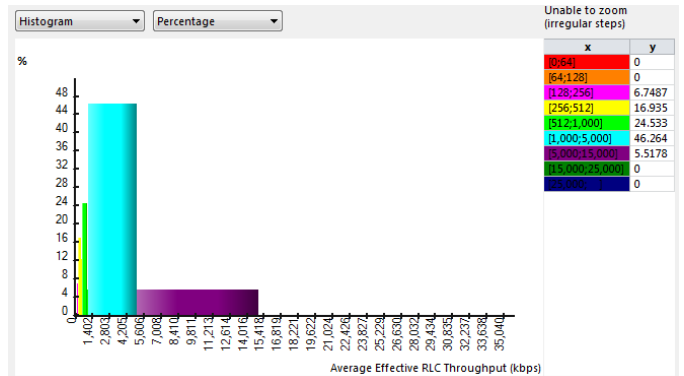
Gambar 17 dan 18 menunjukkan histogram *coverage* dengan *throughput* sebelum dan sesudah dilakukan migrasi. Sebelum dilakukan migrasi, nilai rata-rata *throughput* adalah sebesar 1,255 kbps. sedangkan setelah dilakukan migrasi ke jaringan LTE, nilai rata-rata *throughput* sebesar 19,672 kbps.



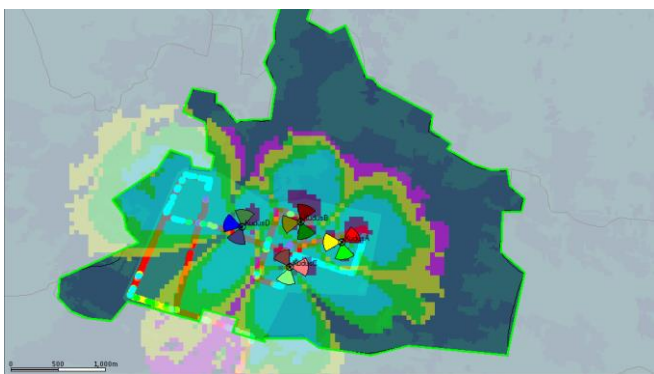
Gambar 16 Peta *coverage by throughput* sesudah migrasi



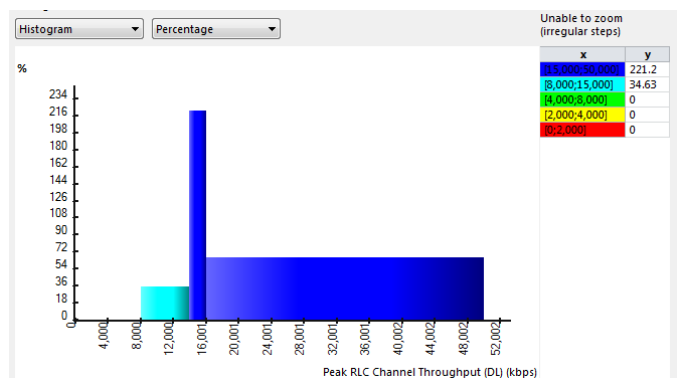
Gambar 14 Histogram kapasitas sesudah migrasi



Gambar 17 Histogram *coverage by throughput* sebelum migrasi



Gambar 15 Peta *coverage by throughput* sebelum migrasi



Gambar 18 Histogram *coverage by throughput* sesudah migrasi

IV. KESIMPULAN

A. Sebelum Migrasi

Berdasarkan kondisi *existing* 3G terdapat 4NodeB. Hasil *drive test coverage* pada saat aktivitas UE *upload* menunjukkan bahwa terdapat beberapa titik berwarna merah sebesar 47%, sedangkan pada saat aktivitas UE *download* menunjukkan bahwa terdapat beberapa titik berwarna merah sebesar 48%. Titik yang berwarna merah tersebut adalah *coverage* yang kurang baik, sehingga menyebabkan kuat sinyal menjadi lemah.

1. *Coverage*: Nilai RSCP atau level sinyal terima semakin mendekati batas bawah minimum sebesar -140 dBm seiring dengan bertambahnya jarak. Pada kondisi *existing* jaringan 3G, rata-rata level sinyal terima yang diperoleh sebesar -108,15 dBm, di mana nilai level sinyal terima tertinggi sebesar -60 dBm dan level sinyal terima terendah sebesar -120 dBm.
2. *Capacity*: Pada kondisi *existing* jaringan 3G, nilai E_c/N_o semakin menurun seiring dengan bertambahnya jarak. Nilai rata-rata E_c/N_o yang diperoleh sebesar -36,68 dB, di mana nilai E_c/N_o tertinggi adalah lebih dari -9 dB dan nilai E_c/N_o terendah sebesar -30 dB.
3. *Throughput*: Nilai *throughput* terus menurun seiring dengan bertambahnya jarak. Pada kondisi *existing* nilai rata-rata *throughput* yang diperoleh sebesar 1,255 kbps dengan nilai *throughput* tertinggi sebesar 14,016 kbps dan nilai *throughput* terendah sebesar 0 kbps.

Hal ini menunjukkan bahwa terdapat permasalahan *low coverage*, *low capacity*, dan *low throughput* di beberapa titik yang disebabkan level sinyal terima lemah, sehingga perlu dilakukan migrasi ke jaringan yang lebih baik.

B. Sesudah Migrasi

Berdasarkan hasil perencanaan jaringan LTE, untuk dilakukan migrasi dari jaringan 3G ke jaringan LTE, kebutuhan eNodeB untuk pusat Kota Kudus untuk frekuensi 1800MHz dengan *bandwidth* 20MHz adalah 7 eNodeB. Oleh karena itu jumlah eNodeB yang diimplementasikan pada simulasi Atoll adalah 7 *site* dengan *radius* sel sebesar 532 m.

1. *Coverage*: Nilai RSCP atau level sinyal terima semakin mendekati batas bawah minimum sebesar -140 dBm seiring dengan bertambahnya jarak. Hasil perencanaan migrasi ke jaringan LTE, nilai RSRP atau rata-rata level sinyal terima sebesar -64,79 dBm, di mana nilai level sinyal terima tertinggi lebih dari -80 dBm dan nilai level terima terendah sebesar -110 dBm.

2. *Capacity*: Pada hasil perencanaan migrasi ke jaringan LTE nilai SINR akan semakin menurun seiring bertambahnya jarak. Nilai rata-rata SINR yang diperoleh sebesar 5,42 dB, di mana nilai SINR tertinggi sebesar 20 dB dan nilai SINR terendah sebesar -20 dB.
3. *Throughput*: Hasil perencanaan migrasi ke jaringan LTE diperoleh nilai rata-rata *throughput* sebesar 19,672 kbps, di mana nilai *throughput* tertinggi sebesar 50000 kbps dan nilai *throughput* terendah sebesar 8000 kbps.

Dari hasil implementasi jaringan LTE dapat disimpulkan bahwa *coverage* LTE mempunyai cakupan sinyal yang sudah baik, yaitu sebesar 96,089%, *coverage by C/(I+N) level* mempunyai *quality* sinyal yang sudah baik, yaitu sebesar 91,563%, sedangkan *throughput*-nya adalah 19,672 kbps. Hal ini dapat dikatakan bahwa migrasi jaringan LTE dilakukan dengan baik dan permasalahan *low coverage*, *low capacity*, dan *low throughput* pada jaringan 3G dapat diatasi.

DAFTAR REFERENSI

- [1] S. Sesia, I. Toufik, and M. Baker, *LTE - the UMTS Long Term Evolution: From Theory to Practice*, 2nd Ed., USA: Wiley, 2011.
- [2] L. Wardhana, *2G/3G RF Planning and Optimization for Consultant (plus introduction to 4G)*. 2011.
- [3] L. Wardhana, *4G Handbook Edisi Bahasa Indonesia*. 2014.
- [4] D. S. (Dhimas), "Report Parameter Drivetest 3G Telkomsel," *Line kepada Latifah (latifa)*, 28785.
- [5] D. S. (Dhimas), "Report Parameter LTE Telkomsel," *Line kepada Latifah (latifa)*, 17169.
- [6] Industrial Networking Solution, "Making Sense of Signal Strength/Signal Quality Readings for Cellular Modems." Industrial Networking Solution Tips and Tricks."
- [7] X. H. and M. Yue. Dutkiewicz, "Adaptive power allocation for soft frequency reuse in multi-cell LTE networks," *Communications and Information Technologies (ISCIT)*, International Symposium on, Gold Coast, QLD, 2012.
- [8] U. Kurniawan, *Fundamental Teknologi Seluler – LTE (Long Term Evolution)*, Internet: <https://www.tokobukurahma.com/fundamental-teknologi-seluler-lte-long-term-evolution-uke-kurniawan/#.WivqD9KWbtQ>. [Accessed: 09-Dec-2017].
- [9] M. R. S. Ayman Elnashar, Mohamed A El-saidny, *Design, Deployment, and Performance Of 4G-LTE Networks*. India: John Wiley & Sons, Ltd, 2014.
- [10] "Kecamatan Kota Kudus Dalam Angka 2017."
- [11] Huawei Technologies, "LTE Radio Network Planning Introduction," 2010.

Latifah Hidayanti, kelahiran kota Kudus. Riwayat pendidikan Prodi D3 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom, Tahun 2013-2016. Aktivitas saat ini mahasiswa Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Tahun 2016-sekarang. Minat bidang transmisi seluler.

Halaman kosong