

Perencanaan Jaringan *Long Term Evolution* (LTE) Berdasarkan Node B 3G Existing di Kota Pekanbaru

Fadrol Rahman*, Febrizal**

*Teknik Elektro Universitas Riau **Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Email: fadhrol.rahman@student.unri.ac.id

ABSTRACT

The Paper proposes Long Term Evolution (LTE) network design using of which is Node B data existing in the city of Pekanbaru. The design was involved several stages, those were collecting Node B data existing, the network planning based on the capacity, the network planning base on the coverage and the last did a final simulation planning using Atoll Software to get the configuration design based on coverage in the value calculation of link budget and cell radius required capital propagation channels. In this planning propagation models used Okumura-Hatta because the frequency used is 700 MHz. Based on the obtained capacity planning cell maximum capacity is 150,84 Mbps, with the number of LTE subscribers as much as 1,979,972 users. The number of eNode B needs to give on optimal service through the Pekanbaru city as many as 101 eNode B, with each cell radius to 10 km² of Urban area, 13 km² to Suburban area and 19 km² to Rural area.

Keywords : *Planning by Capacity, Planning by Coverage, Okumura-Hatta, Software Atoll*

I. PENDAHULUAN

Jaringan telekomunikasi nirkabel (*wireless*) saat ini sudah berkembang sangat pesat. Dimulai dari generasi pertama (1G), kemudian generasi kedua (2G), sampai yang sekarang sudah terealisasi di Indonesia yaitu generasi keempat (4G) yang disebut dengan LTE (*Long Term Evolution*). LTE merupakan teknologi yang terstandarisasi oleh teknologi *Third Generation Partnership Project* (3GPP). LTE dirancang untuk menyediakan efisiensi spektrum yang lebih baik, peningkatan kapasitas radio, biaya operasional yang lebih murah bagi operator, serta layanan *mobile broadband* dengan kualitas tinggi untuk pengguna. LTE sendiri dikembangkan dari teknologi *Global System for Mobile* (GSM) dan *Universal Mobile Telecommunication System* (UMTS), dengan teknologi ini kecepatan *data rate* yang dikirimkan meningkat. Perkembangan teknologi generasi keempat (4G) ini diharapkan dapat dinikmati

oleh semua kalangan masyarakat tidak hanya masyarakat perkotaan melainkan hingga ke pedesaan.

Salah satu solusi atas masalah diatas adalah melakukan perencanaan migrasi dari teknologi UMTS (3G) menuju *Long Term Evolution* / LTE (4G). Diharapkan dengan spesifikasi teknologi LTE yang mampu mendukung kecepatan *downlink* hingga 100 Mbps dan *uplink* hingga 50 Mbps, sistem *packet switched* yang teroptimasi dengan evolusi ke *all IP Network*, QOS yang tinggi dan infrastruktur yang lebih sederhana dan mampu menangani peningkatan kapasitas trafik data.

Yang menjadi tantangan saat ini adalah kenyataan bahwa implementasi LTE di Indonesia saat ini hanya sekedar percobaan oleh beberapa operator pada beberapa kota saja. Sehingga, dibutuhkan perencanaan yang lebih mendalam dan menyeluruh. Untuk dapat Implementasi LTE dikatakan layak,

membutuhkan suatu perencanaan yang menyeluruh baik dari segi dimensioning cakupan, kapasitas hingga simulasi. Berbagai parameter analisa seperti *traffic forecasting*, Penetrasi pelanggan dan keadaan jaringan *existing* menjadi acuan untuk melakukan perencanaan tersebut. Selain itu perkembangan teknologi yang sekarang masih diimplementasikan seperti UMTS dan HSPA perlu dipertimbangkan untuk dapat memperkirakan waktu penggelaran LTE, sehingga dari sudut pandang operator dapat menguntungkan.

II. LANDASAN TEORI

2.1 Long Term Evolution (LTE)

Teknologi telekomunikasi berkembang dengan pesat. Dimulai dari teknologi generasi pertama (1G) yang masih berbasis analog kemudian berkembang menjadi teknologi generasi kedua (2G) yang berbasis digital yang terkenal dengan nama *Global System for Mobile Communication* (GSM). Pada teknologi generasi kedua ini, terbatas untuk mengakomodasi layanan suara dan layanan *Short Message Service* (SMS). Perkembangan selanjutnya dari generasi kedua ini menjadi generasi ketiga (3G) memungkinkan untuk mengakomodasi layanan data dengan kecepatan yang lebih tinggi dibanding generasi sebelumnya. Teknologi generasi ketiga ini dikenal dengan nama *Universal Mobile Telecommunication System* (UMTS) dengan menggunakan *Wideband Code Division Multiple Access* (WCDMA) sebagai *air interface*. Kemudian generasi ketiga dikembangkan menjadi teknologi pra-generasi keempat (pra-4G) yang disebut dengan *Long Term Evolution* (LTE).

LTE didefinisikan dalam standar *3GPP (Third Generation Partnership Project) Release 8*. LTE mendukung kecepatan hingga 100 Mbps untuk *downlink* dan 50 Mbps untuk *uplink* pada *channel bandwidth* 20 MHz. Teknologi ini dirancang untuk menyediakan efisiensi spektrum yang lebih baik, peningkatan kapasitas radio, *latency* dan biaya operasional yang rendah bagi operator serta layanan *mobile*

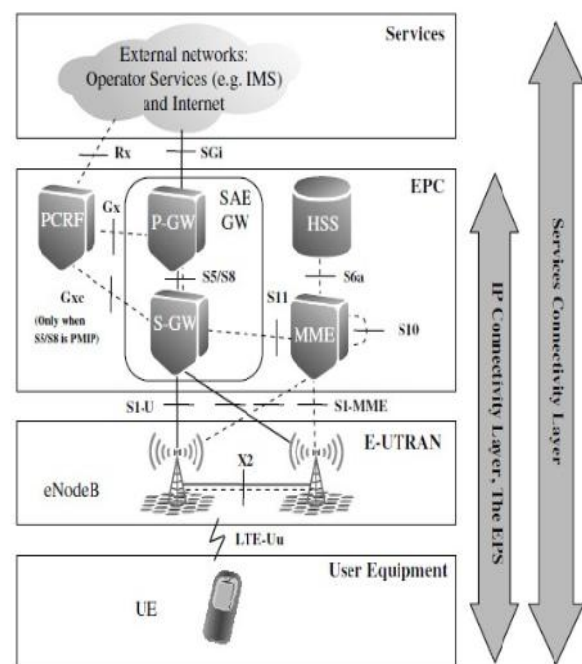
broadband kualitas tinggi untuk para pengguna.

LTE didesain untuk bisa mengakomodasi beberapa lebar pita spektrum diantaranya 1.4, 3, 5, 10, 15 dan 20 MHz. Untuk frekuensi kerja. LTE dapat beroperasi pada salah satu pita spektrum seluler yang telah dialokasikan yang termasuk dalam standar IMT-2000 (450, 850, 900, 1800, 1900, 2100 MHz) maupun pada pita spektrum yang baru seperti 700 MHz dan 2,5 GHz (Taufan Zulgani).

2.2 Arsitektur Jaringan LTE

Arsitektur jaringan *Long Term Evolution* (LTE) dibagi menjadi empat bagian utama, yaitu :

- *User Equipment* (UE)
- *Evolved UTRAN* (E-UTRAN)
- *Evolved Packet Core Network* (EPC)
- *Services Domain*



Gambar 2.1 Arsitektur Jaringan LTE

Pengembangan arsitektur jaringan baru dilakukan terbatas pada bagian *Radio Access* dan *Core Networks*, yaitu pada level E-UTRAN dan EPC. UE dan *services domains* merupakan arsitektur pelengkap, tetapi pengembangan fungsi juga terjadi di level ini.

2.3 Perencanaan Berdasarkan Kapasitas

Perencanaan berdasarkan kapasitas meliputi estimasi pertumbuhan pelanggan, perhitungan *Offered Bit Quantity* (OBQ), perhitungan kapasitas sel, perhitungan jari-jari dan luas cakupan sel, dan perhitungan jumlah sel berdasarkan kapasitas.

2.3.1 Estimasi Jumlah Pertumbuhan Penduduk

Jumlah pertumbuhan penduduk sangat diperlukan dalam perencanaan jaringan seluler. Ini berpengaruh terhadap proses penentuan jumlah pengguna layanan seluler, kapasitas trafik yang akan dilayani, dan perhitungan jumlah kebutuhan BTS. Data penduduk di ambil Pekanbaru dalam angka tahun 2015 yang disusun oleh Badan Pusat Statistik Kota Pekanbaru. Untuk melakukan estimasi jumlah pertumbuhan penduduk, dapat digunakan rumus pertumbuhan geometrik, yaitu angka pertumbuhan penduduk (*rate of growth* atau r) sama untuk setiap tahunnya, dapat dilihat pada persamaan (2.1) (Ari Gunandi, 2014).

$$F_t = F_0 (1 + r)^t \quad (2.1)$$

2.3.2 Estimasi Jumlah Pelanggan Seluler

Jumlah pelanggan seluler merupakan salah satu faktor penting dalam perencanaan jaringan seluler. Menara telekomunikasi yang akan dibangun harus mampu mencakup jumlah pelanggan yang ada di suatu wilayah tersebut. Karena jumlah pelanggan menentukan trafik dan kualitas jaringan seluler yang ada.

Penetrasi pelanggan seluler pada masyarakat di suatu daerah digambarkan melalui angka teledensitas, yaitu perbandingan antara jumlah sambungan dengan jumlah penduduk di daerah tersebut. Berikut merupakan rumus proyeksi teledensitas seluler indonesia (Kasmad Ariansyah, 2014).

$$F_{(2012+m)} = 114,31 + 11,8m - (1,29m^2)/2 \quad (2.2)$$

Sehingga nantinya didapatkan jumlah pengguna seluler dengan mengalikan nilai teledensitas dengan jumlah penduduk.

Estimasi jumlah pengguna seluler dapat dihitung dengan teledensitas, yaitu

perbandingan antara jumlah sambungan telepon dengan jumlah penduduknya. Semakin tinggi angka teledensitas, maka akan semakin mudah dalam berkomunikasi.

Dengan asumsi teledensitas seluler sebesar $x\%$ maka dapat diperkirakan jumlah pelanggan seluler, dapat dilihat pada persamaan (2.3) :

$$P = x\% \cdot P_t \quad (2.3)$$

2.3.3 Kepadatan Trafik

Untuk melakukan perkiraan kepadatan trafik pada LTE digunakan *Offered Bit Quantity* (OBQ). OBQ adalah total bit *throughput* per km^2 pada jam sibuk. Untuk menghitung *Offered Bit Quantity* (kbps/km^2) digunakan pada persamaan (2.4) berikut :

$$OBQ = \sigma \times p \times s \times BHCA \times BW \quad (2.4)$$

2.3.4 Kapasitas Sel

Kapasitas sel merupakan *data rate* pada arah *downlink* dari suatu sel. Dalam teori, nilai maksimum dari parameter ini biasa digunakan oleh manufaktur dan operator jaringan untuk menunjukkan kemampuan dari suatu jaringan teknologi dan membandingkannya dengan yang lain.

Kapasitas dari suatu sel diukur dari jumlah *bit* sistem yang dapat dikirim per *Hertz* dari *bandwidth* tiap detik (bps/Hz). Untuk menghitung kapasitas suatu kanal. Dapat dilihat pada persamaan (2.5) berikut :

$$C = B \cdot \log_2 (1 + SNR) \quad (2.5)$$

2.3.5 Luas Cakupan Sel

Luas cakupan dari suatu sel dapat diketahui dengan menghitung hasil bagi antara kapasitas suatu sel dengan nilai OBQ, sehingga diperoleh persamaan (2.6) berikut :

$$\text{LuasCakupanSel} = \frac{\text{kapasitas sel}}{OBQ} (\text{km}^2/\text{sel}) \quad (2.6)$$

Jari-jari sel untuk 3 sektor, dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Jari-jari sel} = \sqrt{\frac{\text{luas sel}}{195,26}} (\text{km}) \quad (2.7)$$

2.3.6 Jumlah Sel

Jumlah sel yang dibutuhkan dapat diperoleh dari hasil bagi antara luas daerah perencanaan dengan luas cakupan suatu sel, sehingga diperoleh persamaan (2.8) berikut :

$$\text{Jumlah sel} = \frac{\text{luas area perencanaan}}{\text{luas cakupan sel}} (\text{sel}) \dots\dots\dots (2.8)$$

2.4 Perencanaan Berdasarkan Coverage

Perhitungan *coverage planning* menghitung area dimana sinyal dapat diterima oleh UE atau *receiver*. Hal ini menunjukkan maksimum area yang dapat di cakup oleh eNodeB. Perencanaan *Coverage planning* termasuk pengukuran radio frekuensi, *link budget* dan perhitungan model propagasi yang digunakan

2.4.1 Radio Link Budget

Perhitungan *radio link budget* digunakan untuk mengestimasi maksimum pelemahan sinyal yang dibolehkan antara *mobile antenna* dan *base station antenna*. Nilai maksimum pelemahan sinyal ini biasa disebut dengan *Maximum Allowable Path Loss* (MAPL).

Nilai dari suatu *radio link budget* merupakan perhitungan semua *gain* dan *losses* dari *transmitter* yang melalui media pengiriman ke *receiver* dalam suatu *radio system*. Persamaan *link budget* untuk suatu *wireless channel* dimodelkan pada persamaan (2.9) (Uke Kurniawan Usman, 2012) :

$$P_{RX} = P_{TX} + G_{TX} + G_{RX} - L_{TX} - L_{RX} + P_M - P_L \quad (2.9)$$

Besarnya nilai *Receiver Sensitivity* berbeda-beda untuk beberapa tipe modulasi, dan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.0) berikut :

$$S_R = kTB + NF + SINR + IM + G_d \dots\dots\dots (2.10)$$

2.4.2 Model Propagasi

Model propagasi adalah suatu model matematis untuk menggambarkan karakteristik dari suatu propagasi gelombang radio sebagai fungsi frekuensi, jarak, dan kondisi lainnya. Ada beberapa model propagasi yang biasa

digunakan untuk memodelkan propagasi gelombang radio. Pada tugas akhir ini menggunakan model propagasi *Okumura-Hatta*. Model Okumura-Hatta adalah pengembangan dari model Hatta dan Okumura, cocok dengan frekuensi pembawa antara 150-1500 MHz, tinggi antenna 30-200 m, tinggi *mobile station* 1-20 m, dan jarak antara antenna dan *mobile station* 1-20 km. Model propagasi ini lebih tepat diaplikasikan untuk perencanaan jaringan LTE pada frekuensi 700 MHz. Bentuk umum dari Okumura-Hatta yang diimplementasikan pada persamaan (2.11) berikut :

$$PL = A + B \text{ Log } (d) \dots\dots\dots (2.11)$$

Dengan A, B dan C adalah faktor yang tergantung dari frekuensi dan tinggi antenna, yaitu :

$$A = 69,55 + 26,16 \log (f_c) - 13,82 \log (h_b) - a(h_m) - C$$

$$B = 44,9 - 6,55 \log (h_b)$$

Dimana f_c adalah frekuensi pembawa, h_b adalah tinggi antenna BTS, h_m adalah tinggi antenna MS, d adalah jarak BTS dengan MS dan C merupakan faktor koreksi berdasarkan tipe ukuran wilayah perencanaan. Untuk wilayah Suburban dan Rural nilai C adalah 0 dB, sedangkan untuk wilayah Urban nilai C adalah 3 dB. (Sindak Hutaeruk 2011).

Parameter $a(h_m)$ didefinisikan sebagai faktor koreksi dari antenna *mobile station* pada tipe wilayah yang berbeda. Untuk tipe wilayah Urban (Kota Besar / Metropolitan) dimodelkan dengan persamaan berikut :

$$a(h_m) = 8,29 (\log(1,54 h_m))^2 - 1,1 \text{ untuk } f \leq 200 \text{ MHz} \quad (2.12)$$

$$a(h_m) = 3,2 (\log(11,75 h_m))^2 - 4,97 \text{ untuk } f \geq 400 \text{ MHz} \quad (2.13)$$

Untuk tipe wilayah Suburban (Pinggiran Kota) dan tipe wilayah Rural (Pedesaan) dimodelkan dengan persamaan (2.14) berikut :

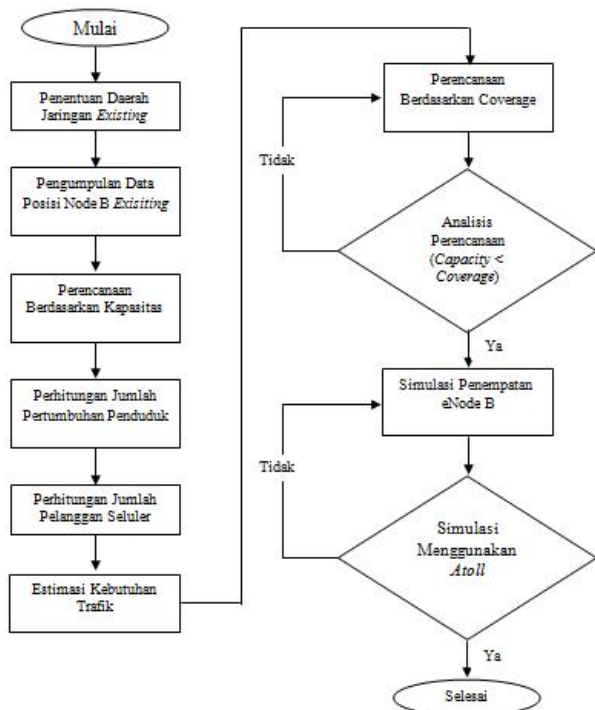
$$a(h_m) = [1,1 \log(f_c) - 0,7]h_m - [1,56 \log(f_c) - 0,8] \quad (2.14)$$

Sedangkan untuk Mencari nilai d menggunakan nilai MAPL yang di masukkan pada rumus model propagasi sehingga didapatkan persamaan berikut :

$$\text{Log}(d) = \frac{\text{MAPL} - 6955 + [2616 \log(f_c)] - [1382 \log(h_b)] - a(h_m) + C}{[(44C - (655 \log(h_b))]} \quad (2.15)$$

III. METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Perencanaan



Gambar 3.1 Diagram alir perencanaan jaringan LTE

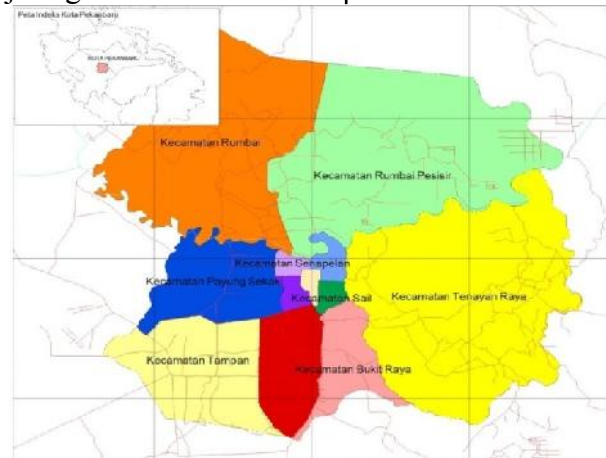
Dalam perencanaan jaringan LTE, ada beberapa tahap yang harus dilalui. Secara umum tahap perencanaan terdiri dari penentuan daerah perencanaan, pengumpulan data *existing*, analisis data *existing*, perencanaan jaringan, analisis hasil perencanaan, simulasi hasil perencanaan, dan visualisasi hasil perencanaan.

3.2 Data Node B 3G Existing

3.2.1 Penentuan Daerah Layanan

Penentuan daerah layanan bertujuan agar perencanaan jaringan bisa difokuskan dan

membatasi data yang akan digunakan. Pada tugas akhir ini difokuskan pada perencanaan jaringan eNode B LTE di Kota Pekanbaru.



Gambar 3.2 peta wilayah kota Pekanbaru

Kota Pekanbaru merupakan Ibu Kota Provinsi Riau yang terletak antara 0°25' - 0°45' LU dan 101°14' - 101°34' BT. Dengan luas Wilayah Kota Pekanbaru adalah 632.26 km², terbagi menjadi 12 kecamatan dan 58 kelurahan.

Tabel 3.2 Luas Wilayah Kota Pekanbaru

No.	Kecamatan	Luas Wilayah (Km ²)	Persentase Luas	Letak Daerah
1	Tampan	59,81	9,46	Suburban
2	Payung Sekaki	43,24	6,84	
3	Bukit Raya	22,05	3,49	Urban
4	Marpoyan Damai	29,74	4,70	
5	Lima Puluh	4,04	0,64	
6	Sail	3,26	0,52	
7	Pekanbaru Kota	2,26	0,36	
8	Sukajadi	3,76	0,59	Rural
9	Senapelan	6,65	1,05	
10	Tenayan Raya	171,27	27,09	
11	Rumbai	128,85	20,38	
12	Rumbai Pesisir	157,33	24,88	
Jumlah		632,26	100	

Pada tugas akhir ini akan dilakukan pembagian daerah perencanaan berdasarkan kepadatan penduduk dan wilayah dari daerah perencanaan, sehingga kota Pekanbaru dikelompokkan menjadi tiga bagian urban, suburban dan rural.

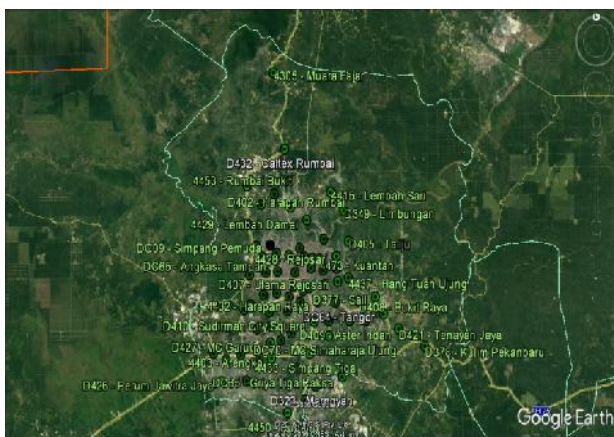
Pembagian daerah perencanaan dimaksudkan untuk mempermudah perhitungan perencanaan kebutuhan kapasitas, jari-jari sel, dan penempatan sel. Selain itu,

area urban, suburban dan rural akan memiliki kapasitas dan jari-jari sel yang berbeda.

3.2.2 Posisi Node B UMTS Existing

Perencanaan posisi eNode B LTE akan memperhatikan posisi Node B 3G yang sudah ada di Kota Pekanbaru. Hal ini dimaksudkan untuk memudahkan dalam penentuan posisi eNode B LTE dan menekan biaya pembangunan *site* baru. Data posisi Node B 3G *existing* yang digunakan sebagai acuan adalah data posisi Node B 3G PT.XL Axiata di Kota Pekanbaru.

Dari data posisi *Existing*, diketahui bahwa jumlah Node B UMTS milik PT. XL Axiata di Kota Pekanbaru adalah 74 *site*. Distribusi persebaran Node B 3G ditampilkan pada gambar 3.2



Gambar 3.2 Peta persebaran Node B UMTS *Existing* kota Pekanbaru

3.3 Perencanaan Berdasarkan Kapasitas

Sebelum dilakukan perhitungan trafik berdasarkan kapasitas wilayah perencanaan terlebih dahulu didefinisikan sebagai berikut :

- Daerah 1 (*Urban*)
Pusat kota, perumahan padat, perkantoran, dan perbelanjaan, yaitu kecamatan Bukit Raya, Marpoyan Damai, Lima Puluh, Sail, Pekanbaru Kota, Sukajadi, dan Senapelan. Dengan total luas daerahnya 71,76 km²
- Daerah (*suburban*)
Perumahan biasa, pabrik, area wisata dan persekolahan, yaitu kecamatan

Tampar dan Payung Sekaki. Dengan total luas daerahnya 103,05 km²

➤ Daerah (*rural*)

Pedesaan, dimana kawasan ini masih berupa mayoritas lahan kosong dan lahan pertanian dengan jumlah penduduk relatif rendah yaitu kecamatan Tenayan Raya, Rumbai dan Rumbai Pesisir. Dengan total luas daerahnya 457,45 km².

Pengelompokkan daerah morfologi merupakan asumsi berdasarkan survey keadaan saat ini, dimana data pengelompokkan morfologi tidak baku dan dapat berubah sesuai dengan kondisi di masa mendatang

3.3.1 Estimasi Jumlah Pertumbuhan Penduduk

Data penduduk di ambil dari Pekanbaru dalam angka tahun 2015 yang disusun oleh Badan Pusat Statistik Kota Pekanbaru.

Tabel 3.2 Data Penduduk Kota Pekanbaru

NO.	KECAMATAN	LAKI-LAKI	PEREMPUAN	JUMLAH
1	TAMPAN	104.059	97.123	201.182
2	PAYUNG SEKAKI	53.045	48.083	101.128
3	BUKIT RAYA	56.322	53.059	109.381
4	MARPOYAN DAMAI	75.267	70.954	146.221
5	TENAYAN RAYA	76.979	71.034	148.013
6	LIMA PULUH	22.063	22.418	44.481
7	SAIL	11.542	11.582	23.124
8	PEKANBARU KOTA	14.039	13.185	27.224
9	SUKAJADI	24.482	25.168	49.650
10	SENAPELAN	18.915	19.425	38.340
11	RUMBAI	38.130	36.847	74.977
12	RUMBAI PESISIR	38.374	36.023	74.397
JUMLAH		533217	504.901	1.038.118

Dengan tingkat laju pertumbuhan penduduk (*r*) adalah 0,0263%. Untuk melakukan estimasi jumlah pertumbuhan penduduk, dapat digunakan pada persamaan (2.1).

$$P_t = P_o (1+r)^t$$

$$P_{2015} = 1038118 (1 + 0,0263)^5$$

$$= 1182022$$

Jadi, estimasi jumlah pertumbuhan penduduk pada tahun ke-5 atau pada tahun 2020 adalah 1182022 jiwa.

3.3.2 Estimasi Jumlah Pengguna Seluler

Dari data teledansi wilayah Pekanbaru, maka jumlah pengguna telepon bergerak seluler untuk kota Pekanbaru dapat diketahui perkiraannya dengan persamaan (2.2).

Sehingga untuk tahun 2020 (dengan nilai m adalah sebesar 8) akan diperoleh proyeksi jumlah pelanggan sebagai berikut :

$$F_{(2012+8)} = 114,31 + 11,8 \times 8 - (1,29 \times 8^2) / 2 \\ = 167,51$$

Jadi, jumlah proyeksi teledensitas dari tahun 2015 hingga ke tahun 2020 berjumlah 167,51. Ini berarti terdapat sekitar 168 orang pengguna seluler untuk setiap 100 penduduk. Dari data teledensitas wilayah Pekanbaru tersebut, maka jumlah pengguna telepon bergerak seluler dapat diketahui perkiraannya dengan persamaan (2.2).

$$P = x\% \cdot P_t$$

$$P = 167,51 \times 1182002$$

$$P = 1979972$$

Jadi, estimasi jumlah pertumbuhan pelanggan seluler tahun 2020 mendatang adalah 1979972.

3.3.3 Estimasi Kebutuhan Trafik

Pada dasarnya untuk setiap layanan LTE, estimasi kebutuhan trafik dihitung dengan menggunakan *Offered Bit Quantity* (OBQ) selama jam sibuk untuk suatu area tertentu dihitung berdasarkan beberapa asumsi, yaitu, *call duration*, *Busy Hour Call Attempt* (BHCA), penetrasi *user* pada layanan seluler dan *Bit rate* layanan seluler (Uke Kurniawan Usman).

Estimasi kebutuhan trafik dari LTE menggunakan persamaan *Offered Bit Quantity* (OBQ) yang didefinisikan pada persamaan (2.3). Nilai OBQ tiap daerah merupakan penjumlahan dari nilai OBQ tiap jenis layanan pada daerah tersebut.

3.3.2.1 Offered Bit Quantity (OBQ) Daerah Urban

Dari data *Offered Bit Quantity* (OBQ) di atas, dapat diketahui nilai *Offered Bit*

Quantity (OBQ) untuk daerah urban sebagai berikut :

$$OBQ = OBQ_{u(bulding)} + OBQ_{u(pedestrian)} + \\ OBQ_{u(vehicular)} \\ = 74490 + 12045 + 2599 \\ = 89134 \text{ kbps/km}^2$$

Jadi, total OBQ untuk daerah urban adalah 89,134 Mbps/km²

3.3.2.2 Offered Bit Quantity (OBQ) Daerah Suburban

Dari data *Offered Bit Quantity* (OBQ) di atas, dapat diketahui nilai *Offered Bit Quantity* (OBQ) untuk daerah suburban sebagai berikut :

$$OBQ = OBQ_{su(bulding)} + OBQ_{su(pedestrian)} + \\ OBQ_{su(vehicular)} \\ = 35769 + 5783 + 1247 \\ = 42799 \text{ kbps/km}^2$$

Jadi, total OBQ untuk daerah suburban adalah 42,8 Mbps/km².

3.3.2.3 Offered Bit Quantity (OBQ) Daerah Rural

Dari data *Offered Bit Quantity* (OBQ) di atas, dapat diketahui nilai *Offered Bit Quantity* (OBQ) untuk daerah rural sebagai berikut :

$$OBQ = OBQ_{ru(bulding)} + OBQ_{ru(pedestrian)} + \\ OBQ_{ru(vehicular)} \\ = 7926 + 1282 + 277 \\ = 9485 \text{ kbps/km}^2$$

Jadi, total OBQ untuk daerah rural adalah 9,45 Mbps/km².

3.3.4 Kapasitas Sel

Pada tugas akhir ini, perencanaan jaringan menggunakan bandwidth 10 Mhz dengan *spectral efficiency* = 5, sehingga diperoleh SNR = 31,6228. (Uke Kurniawan Usman). Untuk menghitung kapasitas kanal digunakan persamaan (2.4). sehingga diperoleh kapasitas kanal sebagai berikut :

$$C = B \times \log_2 (1 + \text{SNR}) \\ = 10 \times \log_2 (1 + 31,6228) \\ = 10 \times \log_2 (32,6228) \\ = 10 \times 5,028 \\ = 50,28 \text{ Mbps}$$

Sistem menggunakan antena 3 sektor, sehingga kapasitas sel sebagai berikut :

$$C_{\text{sel}} = 3 \times 50,28 \text{ Mbps} \\ = 150,84 \text{ Mbps}$$

3.3.5 Luas Cakupan Sel

Setelah kapasitas suatu sel diperoleh, maka luas cakupan dari sel tersebut diketahui. Untuk menghitung cakupan suatu sel menggunakan persamaan (2.5) sehingga diperoleh luas cakupan sel pada tabel 3.1 berikut :

Tabel 3.1 Luas Cakupan Sel

Wilayah	Luas Cakupan Sel (km ²)
Urban	1,7 km ²
Suburban	3,5 km ²
Rural	15 km ²

Sedangkan Jari-jari sel dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (2.6) sehingga diperoleh jari-jari sel pada tabel 3.2 berikut :

Tabel 3.2 Luas Jari-jari Sel

Wilayah	Jari-jari Sel (km)
Urban	0,579 km
Suburban	0,830 km
Rural	1,720 km

3.3.6 Jumlah eNodeB

Jumlah eNodeB berdasarkan *capacity planning* dapat diketahui dengan menggunakan persamaan (2.7). Sehingga diperoleh jumlah eNodeB pada tabel 3.3 berikut :

Tabel 3.3 Jumlah eNode B

Wilayah	Jumlah eNode B
Urban	42 eNode B
Suburban	29 eNode B
Rural	30 eNode B

Tabel 3.4 Rekapitulasi hasil perencanaan berdasarkan kapasitas

Parameter	Urban	Suburban	Rural
Estimasi Jumlah Pelanggan (<i>User</i>)	836188	576588	567198
OBQ (Mbps/km ²)	89,134	42,8	9,45

Luas Cakupan Sel (km ²)	1,7	3,5	15
Luas Jari-jari Sel (km)	0,579	0,833	1,720
Jumlah eNode B	42	29	30

3.4 Perencanaan Berdasarkan Cakupan (*Coverage Planning*)

3.4.2 Receiver Sensitivity

Nilai *receiver sensitivity* diperoleh dengan menggunakan persamaan (2.10). Untuk modulasi QPSK dengan *code rate* 1/3 diperoleh nilai *receiver sensitivity* (S_R) sebagai berikut :

$$S_R = kTB + NF + SINR + IM - G_d \\ = -104,458 + 5 + (-1) + 2,5 - 0 \\ = -97,958 \text{ dBm}$$

3.4.1 Maximum Allowable Path Loss (MAPL)

Setelah nilai *receiver sensitivity* untuk beberapa tipe modulasi berbeda diketahui, maka nilai *maximum allowable path loss* (MAPL) bisa diketahui. Nilai *path loss* dari sistem dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (2.9) untuk daerah urban, suburban dan rural.

Untuk daerah Urban dengan tipe modulasi QPSK dan *code rate* 1/3 diperoleh dengan nilai *path loss* (P_L) sebagai berikut :

$$P_L = P_{TX} + G_{TX} + G_{RX} + L_{TX} + L_{RX} + P_M - S_R \\ = 43 + 18 + 0 + 2 - 0,5 + 0 - (-97,958) \\ = 156,458 \text{ dB}$$

Sedangkan untuk daerah Suburban dengan tipe modulasi QPSK dan *code rate* 1/3 diperoleh dengan nilai *path loss* (P_L) sebagai berikut :

$$P_L = P_{TX} + G_{TX} + G_{RX} + L_{TX} + L_{RX} + P_M - S_R \\ = 46 + 18 + 0 + 2 - 0,5 + 0 - (-97,958) \\ = 159,458 \text{ dB}$$

Kemudian Untuk daerah Rural dengan tipe modulasi QPSK dan *code rate* 1/3 diperoleh nilai *path loss* (P_L) sebagai berikut :

$$P_L = P_{TX} + G_{TX} + G_{RX} + L_{TX} + L_{RX} + P_M - S_R \\ = 48 + 18 + 0 + 2 - 0,5 + 0 - (-97,958) \\ = 161,458 \text{ dB}$$

3.4.3 Radius Sel

Radius dari suatu sel berdasarkan *coverage planning* dapat diketahui dengan menggunakan persamaan model propagasi. Pada tugas akhir ini penulis menggunakan model propagasi Okumura-Hata karena cocok dengan frekuensi 700 MHz yang dimodelkan dengan persamaan (2.15).

Sebelum melakukan penyelesaian pada persamaan (2.15), yang harus dilakukan terlebih dahulu melakukan perhitungan $a(h_m)$ dan $\log(d)$. Dapat diketahui dengan menggunakan persamaan (2.16) ataupun (2.17) dan (2.18) sesuai dengan dengan wilayah Urban, Suburban dan Rural dan untuk $\log(d)$ dengan persamaan (2.19).

3.4.3.1 Radius Sel Wilayah Urban

Untuk mendapatkan nilai $a(h_m)$ dan $\log(d)$ pada tipe wilayah Urban dengan menggunakan persamaan (2.12) dan (2.15) berikut :

$$\begin{aligned} a(h_m) &= 3,2 (\log(11,75 h_m))^2 - 4,97 \\ a(h_m) &= 3,2 (\log(11,75 \times 1,5))^2 - 4,97 \\ &= -0,00092 \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan nilai dari $a(h_m)$, selanjutnya mencari nilai $\log(d)$ dengan persamaan (2.19)

$$\begin{aligned} \text{Log}(d) &= \frac{MAPL - 6955 + [2616 \log(f_c)] - [1382 \log(h_b)] - a(h_m) + C_m}{[(445 - (655 \log(h_b)))]} \\ \text{Log}(d) &= \frac{15645 - 6955 - 2616 \log(700) + 1382 \log(30) + (-000092) + 3}{[(445 - (655 \log(30)))]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Log}(d) &= \frac{358931}{352249} \\ \text{Log}(d) &= 1,018972 \\ d &= 10^{1,018972} \\ &= 10 \text{ km}^2 \end{aligned}$$

Untuk mendapat hasil Radius untuk wilayah Suburban dan Rural dapat dilakukan dengan perhitungan yang sama dengan menggunakan persamaan (2.13) dan (2.14), dan didapatkan hasil pada tabel (3.5) berikut :

Tabel 3.5 Hasil Radius Sel

Wilayah	Radius Sel (km ²)
Urban	10 (km ²)
Suburban	13 (km ²)
Rural	19 (km ²)

IV. ANALISIS DAN SIMULASI PERENCANAAN

4.1 Analisis Hasil Perencanaan

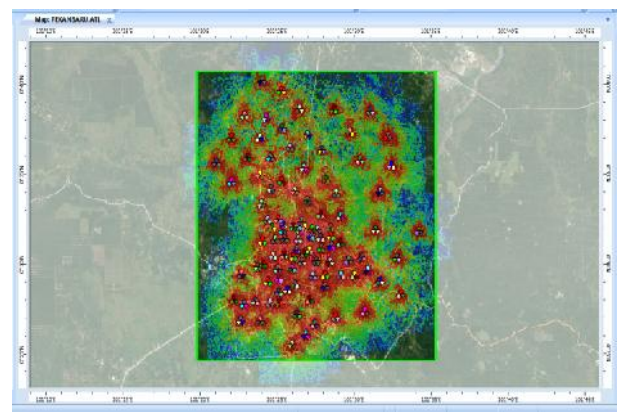
Dari hasil perencanaan berdasarkan kapasitas diperoleh radius maksimum sel adalah 0,579 km² untuk wilayah Urban, 0,830 km² untuk wilayah Suburban dan 1,720 untuk wilayah Rural. Sedangkan perencanaan berdasarkan cakupan radius maksimum sel adalah wilayah Urban 10 km², untuk wilayah Suburban 13 km² dan untuk wilayah Rural 19 km².

Bedaasarkan hasil perhitungan radius sel tersebut, diketahui bahwa radius sel perencanaan berdasarkan cakupan lebih besar dari radius sel perencanaan berdasarkan kapasitas. Sehingga perencanaan memenuhi syarat, yaitu radius sel berdasarkan cakupan lebih besar daripada radius sel berdasarkan kapasitas.

Untuk simulasi hasil perencanaan digunakan radius sel dengan nilai terkecil, yaitu radius sel perencanaan berdasarkan kapasitas. Sehingga diperoleh jumlah sel yang akan disimulasikan adalah 101 eNodeB, dengan rincian 42 eNodeB untuk wilayah Urban, 29 untuk wilayah Suburban dan 30 eNodeB untuk wilayah Rural.

4.2 Simulasi Level Sinyal Luas Total Cakupan

Dari 101 eNode B akan dilakukan simulasi untuk menganalisis kualitas sinyal level diseluruh wilayah Kota Pekanbaru. Berikut hasil simulasi yang akan di tunjukkan pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Luas Total cakupan hasil simulasi

Dari hasil simulasi perencanaan yang melalui tiga tahap, diperoleh beberapa data mengenai luas cakupan dari beberapa level daya sinyal yang berbeda.

Histogram pada gambar 4.15 menunjukkan luas total *coverage* dari setiap level sinyal dari eNode B LTE setelah perencanaan tahap satu, tahap dua dan tahap tiga. Luas total *coverage* masing-masing level sinyal adalah :

Untuk level sinyal ($-105 \leq \text{signal level} \leq -100$) dBm memiliki luas 41,7 km²,

Untuk level sinyal ($-100 \leq \text{signal level} \leq -95$) dBm memiliki luas 51,6 km²,

Untuk level sinyal ($-95 \leq \text{signal level} \leq -90$) dBm memiliki luas 62,1 km²,

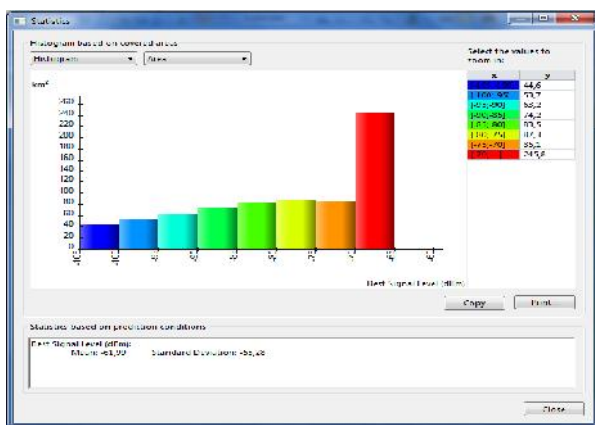
Untuk level sinyal ($-90 \leq \text{signal level} \leq -85$) dBm memiliki luas 73,4 km²,

Untuk level sinyal ($-85 \leq \text{signal level} \leq -80$) dBm memiliki luas 83,2 km²,

Untuk level sinyal ($-80 \leq \text{signal level} \leq -75$) dBm memiliki luas 87,2 km²,

Untuk level sinyal ($-75 \leq \text{signal level} \leq -70$) dBm memiliki luas 84,9 km²,

Dan untuk level sinyal lebih besar dari ($\text{signal level} \geq -70$) dBm memiliki luas 245,8 km². Dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Histogram Simulasi Luas Total Cakupan

Dari total 74 Node B *existing*, untuk memenuhi cakupan daerah layanan dalam perencanaan lima tahun kedepan, yaitu dari tahun 2015 hingga ke tahun 2020 dibutuhkan penambahan 27 eNode B LTE baru, sehingga

total eNode B LTE hasil simulasi perencanaan adalah 101 *site*.

4.3 Analisis Hasil Simulasi Perencanaan eNode B LTE

Diketahui bahwa dari total 74 Node B 3G *existing*, untuk memenuhi cakupan daerah layanan menuju lima tahun ke depan yaitu 2015-2020 dibutuhkan penambahan eNode B LTE baru, yaitu 42 eNode B untuk daerah Urban, 29 eNode B untuk daerah Suburban dan 30 eNode B LTE untuk daerah Rural, sehingga total eNode B LTE yang baru adalah 101 eNodeB.

Berdasarkan tabel 4.2 juga diketahui bahwa total luas cakupan seluruh level sinyal hasil simulasi adalah 729,9 km². Sedangkan luas total wilayah perencanaan berdasarkan data awal perencanaan, yaitu luas wilayah Kota Pekanbaru adalah 632,26 km². Dari data tersebut terdapat perbedaan antara total luas daerah cakupan hasil simulasi dengan total luas wilayah perencanaan, hal ini karena adanya *overlapping* sinyal antara suatu eNode B LTE dengan eNode B LTE yang lain. Selain itu juga, disebabkan oleh bentuk sel hasil simulasi yang tidak sepenuhnya berbentuk *hexagonal*.

Tabel 4.2 Rekapitulasi hasil simulasi perencanaan

Parameter	Tahap I	Tahap II	Tahap III
Jumlah Node B <i>Existing</i>	9	43	22
Penambahan <i>Site</i> Baru	21	2	4
Coverage Total (Km ²)	93,9	65,8	245,8
Average Signal Level (dBm)	-62,02	-61,96	-61,99

Selain itu juga dapat diketahu rata-rata level daya sinyal hasil simulasi adalah -61,99 dBm. Rata-rata level daya sinyal ini memenuhi nilai RSRP yaitu -70 – 90 dBm. Jadi dapat disimpulkan, secara umum hasil perencanaan dan simulasi sudah baik dan memenuhi standar yang ditetapkan.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perencanaan jaringan *Long Term Evolution* (LTE) diperoleh beberapa kesimpulan :

1. Berdasarkan perencanaan kapasitas diperoleh kapasitas maksimum satu sel adalah 150,84 Mbps. dengan luas sel untuk wilayah Urban 1,7 km², Suburban 3,5 km² dan untuk wilayah Rural 15 km². Sedangkan jari-jari sel untuk wilayah Urban adalah 0,579 km, Suburban 0,833 km dan untuk wilayah Rural 1,720 km.
2. Berdasarkan perencanaan cakupan (*coverage planning*) diperoleh radius maksimum sel untuk wilayah Urban adalah 10 km, Suburban 13 dan untuk wilayah Rural 19 km,
3. Terdapat 74 Node B 3G *existing*, untuk memenuhi cakupan daerah layanan menuju lima tahun ke depan yaitu dari tahun 2015-2020 dibutuhkan penambahan eNode B LTE baru, yaitu 42 eNode B untuk daerah Urban, 29 eNode B untuk daerah Suburban dan 30 eNode B LTE untuk daerah Rural, sehingga total eNode B LTE yang baru adalah 101 eNodeB.
4. Berdasarkan simulasi perencanaan diketahui bahwa luas daerah cakupan perencanaan adalah 729,9 km² dengan rata-rata level sinyal -61,99 dBm.

5.2 Saran

Perencanaan menggunakan data trafik yang lebih lengkap agar perencanaan lebih sesuai dengan kondisi lapangan, sehingga hasil lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistik Kota Pekanbaru, Hasil Sensus Penduduk 2015 Data Agregat Perkecamatan Kota Pekanbaru. Badan Pusat Statistik. Pekanbaru. 215

Usman, U. K. *Fundamental Teknologi Seluler Long Term Evolution* (LTE). Penerbit Rekayasa Sains. Bandung. 2012

Fauzi R. M, 2015. Perencanaan Jaringan LTE FDD 1800 MHz di Kota Semarang menggunakan Atoll, Skripsi Sarjana, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro

Setiawan Yusuf, 2015. Perencanaan Jaringan *Long Term Evolution* (LTE) *Time Division Duplex* (TDD) 2300 MHz di Semarang Tahun 2015-2020, Skripsi Sarjana, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro.

Aziz G. S, 2014. Perencanaan Jaringan *Long Term Evolution* (LTE) Berdasarkan Node B UMTS *Existing* Di Kota Denpasar, Skripsi Sarjana, Jurusan Teknik Elektro dan Komunikasi, Institut Teknologi Bandung.

Palilu G. A, 2014. Studi Awal Perencanaan Jumlah Kebutuhan BTS dalam Penerapan Menara Bersama Telekomunikasi di Kota Palangka Raya, Skripsi Sarjana, Jurusan Teknik Elektro, ITS Surabaya

Baihaqi Nico, 2014. Perencanaan *Coverage* dan *Capacity* Jaringan *Long Term Evolution* (LTE) Frekuensi 700 MHz Pada Jalur Kereta Api dengan *Physical Cell Identity* (PCI), Skripsi Sarjana, Jurusan Teknik Telekomunikasi, Universitas Telkom.

Hutauruk Sindak, 2011. Simulasi Model Empiris Okumura-Hatta dan Model Cost231 untuk Rugi-rugi saluran pada Komunikasi Selular, Jurusan Teknik Elektro, Universitas HKBP Nommensen Medan.