

JURNAL INFORMATIKA

No. 3 Vol. 3, September - Desember 2012

- **Youllia Indrawaty, DewiRosmala, & Ramadhani**
Implementasi Model Multimedia Interaktif Skenario Timeline Tree Pada Simulasi Ibadah Wajib Dalam Agama Islam
- **Lita Lidyawati, Lisa Kristiana, & Jimmy Mellson Talumewo**
Desain BTS Site Alarm Information Transmitter Module Berbasis Mikrokontroler At89c52
- **Dewi Rosmala & Gadya Dwipa L**
Pembangunan Website Contentmonitorsystem Menggunakan DiffliB Python
- **Youllia Indrawaty, R Cahyadi, & Nugraha Herry Syahrial**
Aplikasi Simulator Pembelajaran Sistem Manufaktur Berbasis Job Order
- **Dewi Rosmala & Gilang Kresna**
Implementasi Algoritma Binary Tree Pada Sistem Informasi Multilevel Marketing
- **Dwi Aryanta**
Analisis Pengalokasian Frekuensi Teknologi Long Term Evolution (LTE) Di Indonesia

**ANALISIS PENGALOKASIAN FREKUENSI
TEKNOLOGI LONG TERM EVOLUTION (LTE) DI INDONESIA**

Dwi Aryanta

**Jurusan Teknik Elektro
Institut Teknologi Nasional Bandung**

ABSTRAK

Kemajuan teknologi telekomunikasi yang sangat cepat, salah satunya satunya ialah akses pita lebar (broadband wireless access/BWA) yang menuntut pengaturan penggunaan frekuensi oleh badan regulasi. Jumlah layanan cenderung akan bertambah dengan munculnya layanan BWA seperti Long Term Evolution (LTE). Spektrum frekuensi sifatnya hanya dapat digunakan untuk satu teknologi, dimana saat ini di Indonesia masih tersedia 5 alokasi spektrum frekuensi yang masih memungkinkan untuk mengimplementasikan LTE. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan frekuensi yang optimal untuk mengimplementasikan LTE di Indonesia berdasarkan 5 frekuensi yang tersedia berdasarkan analisis terhadap sejumlah parameter.

Menghitung propagation loss menggunakan model cost-231 Walfish-Ikegami, dimana model ini cocok untuk daerah urban dan memperhitungkan banyak aspek penghalang. Nilai Received Signal Level (RSL) yang dihasilkan akan dibandingkan dengan nilai receiver sensitivity (threshold). Perhitungan coverage area menggunakan modulasi QPSK 1/2 pada bandwidth 20 MHz. Frekuensi 700 MHz sebagai frekuensi kerja LTE terpilih melalui hasil kajian dari 5 alokasi frekuensi yang memungkinkan untuk digunakan di Indonesia. Penentuan frekuensi kerja didasarkan pada propagation loss yang minimum, RSL yang memenuhi kondisi threshold, dan memiliki coverage area yang lebih luas serta tersedia tempat yang cukup pada pengaturan frekuensi menurut badan regulasi.

Kata kunci : *broadband, cost-231, frekuensi, threshold, propagation loss, LTE, cakupan area.*

ABSTRACT

A rapid progress of telecommunication technology, one of the mis broadband access (broadband wireless access /BWA) regulation which require the use of frequencies by regulatory agencies. The number of services will tend to increase as the appearance of BWA services, such as Long Term Evolution (LTE). An analysis of the frequency allocations for LTE in Indonesia begins with an inventory of frequency spectrum that condition can be used and then calculated the propagation loss using the cost model-231 Walfish-Ikegami model, which is suitable for urban areas and account for many aspects of the obstacle. A generated value Received Signal Level (RSL) will be compared by the value of the receiver sensitivity (threshold). The calculation of coverage are using QPSK 1/2 on 20 MHz bandwidth. Frequency 700 MHz was chosen as LTE's working frequency through studies 5 of frequency allocation which allows for use in Indonesia. Determination of operating frequency based on the minimum propagation loss, RSL that meets threshold conditions, and has a wider coverage area and enough space available on the frequency setting by regulatory agencies.

Key words: *broadband, cost-231, frequency, threshold, propagation loss, LTE, coverage area.*

1. PENDAHULUAN

Seiring berkembangnya teknologi telekomunikasi untuk layanan BWA, alokasi pita frekuensi yang digunakan juga beragam. Jumlah penyelenggara ini cenderung akan bertambah mengingat munculnya teknologi telekomunikasi terbaru untuk layanan BWA seperti *Long Term Evolution* (LTE). LTE merupakan teknologi radio 4G yang mengacu pada standar 3GPP (*Third Generation Partnership Project*) Release 8 yang secara teoritis mendukung kecepatan pengiriman data mencapai 100 Mbps untuk arah *downlink* dan 50 Mbps untuk arah *uplink*. Kecepatan ini dapat dicapai dengan menggunakan *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) pada arah *downlink* dan *Single Carrier Frequency Division Multiplex* (SC-FDMA) pada arah *uplink*, yang digabungkan dengan penggunaan *Multiple Input Multiple Output* (MIMO). Nantinya seluruh jaringan pada teknologi LTE akan berbasis *Internet Protocol* (IP) atau disebut juga *All IP Networks* (AIPN). LTE mampu menyediakan efisiensi spektrum yang baik, peningkatan kapasitas radio, biaya operasional yang lebih rendah bagi operator, serta kualitas layanan *mobile broadband* tinggi. LTE juga menawarkan fleksibilitas dalam hal spektrum. LTE dapat beroperasi pada standar IMT-2000 maupun pada pita spektrum baru seperti 700 MHz dan 2,5 GHz. Alokasi pita lebar yang sangat fleksibel, mulai dari 1,4 MHz hingga 20 MHz.

Melihat kondisi ini perlu dilakukan penelitian mengenai pengalokasian spektrum frekuensi yang baik untuk teknologi baru yang akan berpengaruh pada penataan alokasi frekuensi BWA yang akan berimplikasi pada jumlah penyelenggara, alokasi, maupun teknologi yang akan digunakan. Pengalokasian spektrum frekuensi utamanya mengacu pada ketersediaan alokasi frekuensi yang masih tersedia dan pemenuhan terhadap parameter yang diinginkan. Hal lain yang juga menjadi acuan adalah frekuensi yang telah berkembang lebih dulu di beberapa negara dalam implementasi teknologi LTE dan penggunaan perangkatnya.

Mengingat terbatasnya alokasi yang tersedia di Indonesia dan dapat dipergunakan sebagai frekuensi kerja LTE, maka kajian yang dilakukan pada penelitian ini adalah menentukan frekuensi kerja LTE yang memenuhi ketentuan dalam hal link budget, bekerja secara optimal dan tidak mengakibatkan interferensi dengan sistem eksisting.

Tabel 1. Kinerja Kriteria Kunci LTE

Parameter	Keterangan
Kecepatan Peak downlink 64QAM(Mbps)	100 (SISO), 172 (2x2 MIMO), 326 (4x4 MIMO)
Kecepatan Peak uplink (Mbps)	50 (QPSK), 57 (16QAM), 86 (64QAM)
Tipe Data	Packet <i>switched</i>
Kanal BW (MHz)	1.4, 3, 5, 10, 15, 20
Skema Duplex	FDD dan TDD
Mobilitas	0-15 km/jam (optimal), 15-120 km/jam (kinerja tinggi)
Latensi	<100ms ; Paket-paket kecil ~ 10 ms
Efisiensi spectrum	<i>Downlink</i> : 3 - 4 kali. <i>Uplink</i> : 2 -3 kali (dari Rel 6 HSPA)
Skema akses	OFDMA (<i>Downlink</i>)&SC-FDMA (<i>Uplink</i>)

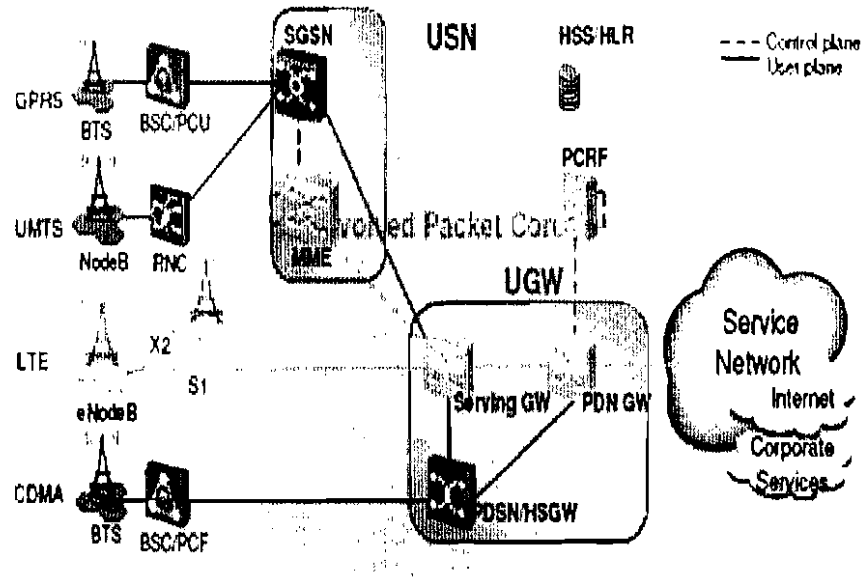
2. KAJIAN TEORI

2.1. LTE - *Long Term Evolution*

LTE mendukung teknologi *Frequency Division Duplex* (FDD) dan *Time Division Duplex* (TDD). TDD merupakan aplikasi untuk memisahkan sinyal kirim dan terima dengan pengaturan waktu. Sedangkan FDD berarti bahwa pengirim dan penerima beroperasi pada frekuensi pembawa yang berbeda. Kehadiran teknologi LTE mengakibatkan terjadinya evolusi dari UMTS, HSPA, dan TD-SCDMA. Jaringan *Core* yang berasosiasi dengan LTE juga memberikan jalan bagi jaringan CDMA-2000 untuk berintegrasi, sehingga dapat menjadikan LTE evolusi yang sesuai bagi banyak operator. Perubahan yang terjadi pada LTE dibandingkan standar sebelumnya ada tiga, yaitu *air interface*, jaringan radio, dan jaringan *core*. Dengan LTE, pengguna dapat mengunduh dan mengunggah video beresolusi tinggi, mengakses *e-mail* dengan lampiran berukuran besar, serta dapat melakukan *video conference* setiap saat. Kemampuan LTE lainnya adalah untuk mengoperasikan fitur *Multimedia Broadcast Multicast Service* (MBMS),

yang sebanding dengan DVB-H dan WiMAX. Sejumlah kriteria kinerja kunci ditunjukkan pada Tabel 1.

Core network pada LTE didesain berbasis IP sehingga hanya mendukung layanan *Packet System* yang dikenal dengan *System Architecture Evolution* (SAE). Arsitektur LTE seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1, memperlihatkan suatu layanan *core* paket yaitu arsitektur jaringan *Enhanced Packet Core* (EPC) untuk mendukung *Evolved UMTS Radio Access Network* (E-UTRAN).



Source: 3GPP.org

Gambar 1. Diagram Arsitektur LTE - SAE

2.2. Alternatif Pengalokasian Frekuensi LTE

Spektrum Frekuensi Radio adalah sesuatu yang sifatnya terbatas dan harus secara bijak dimanfaatkan. Berdasarkan data dari DitJen PosTel, alokasi *wireless broadband*

di Indonesia ditunjukkan pada Tabel 2. Pengalokasian frekuensi kerja LTE di Indonesia mengacu pada kondisi di Indonesia dan penggunaan frekuensi kerja operator LTE di beberapa negara yang sudah mengimplementasikan LTE seperti yang ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 2. Alokasi Spektrum frekuensi di Indonesia saat ini¹⁶⁾

No	frekuensi (MHz)	Lebar pita (MHz)	Keterangan
1	700	200	Analog TV
2	800	20	CDMA
3	1800	20	GSM
4	2100	70	Belum diduduki
5	2600	150	Belum diduduki

Tabel 3. Frekuensi kerja Operator LTE di sejumlah negara^[7]

Operator - Negara	Frekuensi (GHz)	Negara - Operator	Frekuensi (GHz)	Negara - Operator	Frekuensi (GHz)
USA-(Verizon, AT&T, CenturyTel, Cox, Aicell)	0,7	Philippines-Pi4GI	2,1 & 1,5	Sweden-(TeliaSonera, Tele2, Hi3G, Telenor)	2,6
Germany-Vodafone, E+	0,79 – 0,862	Japan-NTTDocomo	2,1	Norway-(Telenor, TeliaSonera, Netcom)	2,6
Japan-Softbank, KDDI	0,8 & 1,5	Germany-T-Mobile	2,6	France Telcom	2,6
Japan-eMobile	1,7	France Telcom	2,6	ChungHwa-Telecom	2,6
HK-SmarTone & PCCW	1,8 & 2,6	Chile-Entel PCS	2,6	Chile-Movistar	2,6
China-Telecom	1,8 & 2,6		2,6	Austria-Orange	2,6 + 0,8
Finland-(Elisa, DNA, TeliaSonera)	1,8 & 2,6				

Model Propagasi COST 231 Walfish-Ikegami

Pada penelitian ini model propagasi yang digunakan adalah model COST 231 Walfish-Ikegami, model ini merupakan gabungan model empiris yang digunakan untuk menghitung path loss pada area building dan urban (Dahlman, dkk, 2007).

Model COST 231 Walfish-Ikegami dinyatakan dengan persamaan :

$$L_p = L_{cwi} = L_{fs} + L_{rts} + L_{ms} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

- L_{cwi} = Cost Walfish-Ikegami Loss [dB]
- L_{fs} = Free Space Loss [dB] = $32,4 + 20 \log d + 20 \log f$

(d = jarak mobile station - base station [Km], f = frekuensi [MHz])

- L_{rts} = rooftop to street diffraction Loss [dB] = $-16,9 - 10 \log w + 10 \log f + 20 \log \Delta h_m + L_o$..(3)

- $\Delta h_m = h_r - h_m$ [m]
 - $h_r = 3$ (number of floors) + roof; (roof = 3 m for pitched roof, roof = 0 m for flat roof)

- $L_o = -10 + 0,354\theta$ [dB] untuk $0^\circ < \theta \leq 35^\circ$

$$L_o = 2,75 + 0,075 (\theta - 35^\circ) \text{ [dB]}$$

untuk : $35^\circ < \theta \leq 55^\circ$

$$L_o = 4 - 0,114 (\theta - 55^\circ) \text{ [dB]}$$

untuk : $55^\circ < \theta \leq 90^\circ$

(w = street width (m); h_m = tinggi antenna MS (m); θ = incident angel relative to the street)

- L_{ms} = multiscatter Loss [dB] = $L_{bsh} + K_a + K_d \log d + K_f \log f - 9 \log b$

(b = jarak antar gedung sepanjang lintasan [m];

$$L_{bsh} = -18 \log (1 + \Delta h_b)$$

untuk : $h_b > h_r$; $L_{bsh} = 0$ untuk : $h_b < h_r$

- $\Delta h_b = h_r - h_b$ [m]; (h_b = tinggi antenna base station [m])

- $K_a = 54$ untuk : $h_b > h_r$

- $K_a = 54 - 0,8h_b$ untuk $d \geq 500 \text{ m}; h_b \leq h_r$

- $K_a = 54 - 1,6h_b$ untuk $d < 500 \text{ m}; h_b \leq h_r$

- $K_d = 18$ untuk $h_b < h_r$

- $K_d = 18 + [(15 \Delta h_b) / \Delta h_m]$ untuk $h_b \geq h_r$

- o $K_f = 4 + 0,7 [(f/925) - 1]$ untuk kota menengah, kerapatan pohon sedang.
- $K_f = 4 + 1,5 [(f/925) - 1]$ untuk metropolitan

Rentang nilai parameter sebagai acuan untuk menjaga validitas model COST 231 Walfish-Ikegami adalah $4m \leq h_b \leq 50m$; $1m \leq h_m \leq 3m$; $0,02km \leq d \leq 5km$; $w = 0,5b$; $b = 10 - 50m$; dan $\theta = 10^\circ$.

2.3. Receive Signal Level (RSL) dan Receiver Sensitivity (Sr)

RSL adalah level sinyal yang diterima di penerima dan nilainya harus lebih besar dari sensitivitas perangkat penerima ($RSL \geq S_r$). Nilai RSL dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$RSL = EIRP - L_p + G_{RX} - L_{RX} \dots \dots \dots (5)$$

dimana :

- EIRP (*Effective Isotropic Radiated Power*)
- L_p = rugi-rugi propagasi gelombang
- G_{RX} = penguatan antena penerima
- L_{RX} = rugi-rugi saluran penerima

Receiver sensitivity (S_r) merupakan energi terendah yang masih dapat terdeteksi oleh *receiver* untuk level kinerja tertentu yang dinyatakan dengan persamaan :

$$S_r = -102 + SINR + 10 \log \left(FS \frac{N}{N_{FFT}} \frac{N_{subcarrier}}{16} \right) \dots \dots \dots (6)$$

dengan nilai

$$SINR = \frac{1}{\frac{cellbandwidth}{max TxPower} \times Thermalnoise} \dots \dots \dots (7)$$

$$linkloss = \frac{RxGain \cdot TxGain}{Pathloss \cdot Rxlosses \cdot Txlosses \cdot Otherlosses} \dots \dots \dots (8)$$

Dimana:

- SINR = *Signal to Interference plus noise ratio*
- FS = Frekuensi sampling
- N = Jumlah data subcarrier
- N_{FFT} = Ukuran FFT
- $N_{subcarrier}$ = Jumlah subcarrier

Radius atau jari-jari sel dapat ditentukan setelah nilai redaman lintasan maksimum diperoleh. Penentuan area cakupan difokuskan pada arah *downlink* dengan penggunaan *sample* modulasi QPSK $\frac{1}{2}$ dengan *bandwidth* 20 MHz. Luas cakupan area dengan mengasumsikan bentuk sel hexagonal dengan jari-jari *d* adalah $2,6d^2 [m^2]$, dimana jari-jari *d* didapatkan melalui persamaan :

$$d = 10^{\left\{ \frac{(L_p - 32,4 - 20 \log f)}{20} \right\}} \dots \dots \dots (9)$$

**3. METODOLOGI
PENGALOKASIAN FREKUENSI
TEKNOLOGI LTE**

Berdasarkan data yang didapat, frekuensi yang banyak digunakan oleh Negara – negara *benchmark* adalah pada 700, 800, 1800, 2100, dan 2600 MHz yang akan digunakan pada perhitungan dalam

penelitian ini dengan pengambilan *sample* modulasi QPSK $\frac{1}{2}$ dan *bandwidth* 20 MHz. Penentuan nilai asumsi sejumlah parameter yang disampaikan pada Tabel 4 menghasilkan nilai *propagation loss* terhadap sejumlah frekuensi yang dikaji ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 4. Asumsi parameter

Parameter	Nilai
jarak antara MS-BS(d)	2 km
lebar jalan (w)	15 m
tinggi bangunan (h_t)	60 m
tinggi antena <i>base station</i> (h_b)	40 m
tinggi antena <i>mobile station</i> (h_m)	2 m
<i>Bandwidth</i>	20 MHz

Tabel 5. Nilai Propagation Loss

No	Frekuensi	<i>Propagation loss</i>
1	700 MHz	139,14dB
2	800 MHz	141,56dB
3	1800 MHz	158,74dB
4	2100 MHz	162,73dB
5	2600 MHz	168,83dB

Analisa penentuan frekuensi kerja LTE di Indonesia didasarkan pada perhitungan yang ditampilkan pada Tabel 4 dan Tabel 5 di atas, lalu dilanjutkan dengan tahapan-tahapan antara lain:

1. Mendefinisikan sejumlah parameter teknis perangkat system.
2. Melakukan perhitungan link budget untuk arah downlink dan uplink untuk mengetahui daya pada sisi penerima (*receiver sensitivity*).
3. Menghitung coverage area.

4. Melakukan benchmark terhadap penggunaan frekuensi di Negara lain.
5. Menganalisa atas kesiapan vendor yang mendukung implementasi teknologi LTE.

3.1. Perhitungan Link Budget

Perhitungan link budget dilakukan dua arah yaitu arah uplink dan downlink untuk melihat kelayakan sistem. Perhitungan link budget diawali dengan penentuan sejumlah parameter *User Equipment* (UE) dan *eNode B* yang disajikan pada Tabel 6

(*LTE-encyclopedia*). Data parameter ini diasumsikan bahwa kecepatan data yang dipergunakan adalah 64 kbps dan nilai *Maximum Allowable Path Loss* (MAPL) sebesar 166,5 dB. Hasil akhir akan didapatkan bahwa nilai RSL dan S_r di sisi penerima untuk masing-masing *link budget* ditampilkan pada Tabel 7.

Tabel 6. Parameter Teknis User Equipment

<i>UE -Transmitter</i>		<i>eNode B - Receiver</i>	
a. Max TX power (dBm)	24,0	a. HS-DSCH power (dBm)	46,0
b. TX antenna gain (dBi)	0,0	b. Node B noise figure (dB)	2,0
c. Body loss (dB)	0,0	c. SINR (dB)	-7,0
d. UE noise figure (dB)	7,0	d. Interference margin (dB)	2,0
e. SINR (dB)	10,0	e. Cable loss (dB)	2,0
f. Interference margin (dB)	3,0	f. Antenna gain (dBi)	18,0
g. Control Channel Overhead (dB)	1,0		

Tabel 7. Link budget Uplink dan Downlink

No	Frekuensi (MHz)	RSL (dBm)	ReceiverSensitivity (dBm)
Uplink			
1	700	-101,14	-116,25
2	800	-103,56	-118,57
3	1800	-120,74	-135,48
4	2100	-124,73	-139,74
5	2600	-130,83	-145,84
Downlink			
1	700	-81,14	-99,25
2	800	-83,56	-101,57
3	1800	-100,74	-118,75
4	2100	-104,73	-122,74
5	2600	-110,83	-128,84

3.2. Perhitungan coverage area

Hasil yang diperoleh untuk perhitungan *link budget* arah *uplink* seluruhnya tidak memenuhi persyaratan, karena level daya terima berada di bawah level *threshold*

($RSL < S_r$). Sehingga untuk melakukan tahapan perhitungan ukuran sel dan cakupan area akan dipergunakan hasil *link budget* arah *downlink* (tabel 8).

Tabel 8. Ukuran sel berdasarkan frekuensi

No	Frekuensi (MHz)	Jari-jari (Km)	Cakupan (Km ²)
1	700	1,057	2,907
2	800	1,045	2,840
3	1800	0,958	2,384
4	2100	0,938	2,285
5	2600	0,907	2,139

3.3. Vendor Penyedia Perangkat LTE

Untuk pengimplementasian perangkat LTE baik sistem jaringan maupun perangkat

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang didapatkan melalui penelitian ini adalah perhitungan *link budget*, besarnya nilai redaman, *benchmark* penggunaan frekuensi dari negara-negara yang sudah mengimplementasikan LTE dan kondisi alokasi spektrum di Indonesia. Melalui hasil yang didapatkan kemudian akan ditentukan frekuensi terpilih untuk implementasi LTE di Indonesia.

Perhitungan *link budget* arah *uplink* maupun *downlink* diketahui bahwa semua frekuensi yang dikaji memenuhi ketentuan, dimana RSL memiliki nilai lebih besar dibandingkan dengan S_r . Demikian pula pada perhitungan terhadap *propagation loss* menunjukkan alokasi 700 MHz memberikan *propagation loss* lebih kecil dibandingkan frekuensi 2,1 dan 2,6 GHz. Jika dilihat dari cakupan area yang dapat dijangkau berdasarkan data LTE arah *downlink*, penggunaan frekuensi 700MHz memiliki jangkauan terluas yaitu 2,907 Km², paling luas dibandingkan dengan frekuensi lainnya.

Hasil *benchmark* pada Tabel 3 memperlihatkan 5 operator menggunakan

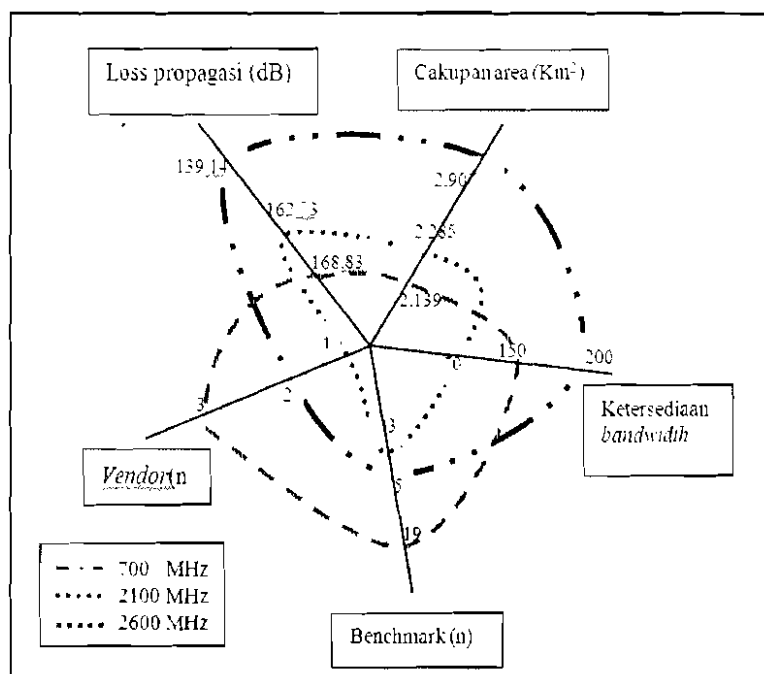
penerima (*User Equipment*), terdapat sejumlah vendor yang sudah siap seperti yang disampaikan pada tabel 10.

Tabel 10. Penyedia Perangkat LTE (vendor)

No	Frekuensi (MHz)	Vendor
1	700	Alcatel, Starent Network
2	2100	Nokia Siemens Network (NSN)
3	2600	NSN, Huawei, Motorola, NEC

frekuensi 700 MHz, 12 operator menggunakan frekuensi 2,6 GHz, 4 operator menggunakan dua buah frekuensi 2,6 GHz dan 700 MHz, dan 12 operator memilih frekuensi lain seperti 1,5 GHz, 1,7 GHz, 1,8 GHz, dan 2,1 GHz. Melalui kondisi penggunaan spektrum frekuensi eksisting di Indonesia televisi analog yang menempati spektrum frekuensi 700 MHz nantinya akan bermigrasi ke televisi digital menggunakan alokasi frekuensi 2,1GHz, dan 2,6 GHz, sehingga alokasi 700 MHz nantinya akan bisa dipergunakan untuk implementasi LTE.

Hasil analisa terhadap sejumlah faktor diatas, maka dapat disimpulkan dalam suatu visualisasi pada Gambar 2. Frekuensi 700 MHz terlihat memiliki banyak kelebihan diantaranya *propagation loss* lebih kecil, cakupan area lebih luas dan ketersediaan *bandwidth* yang lebih banyak dibanding frekuensi lainnya. Namun untuk aspek banyaknya *vendor* dan frekuensi mayoritas yang telah digunakan negara *benchmark*, frekuensi 2,6 GHz lebih unggul dibanding frekuensi lainnya.



Gambar 2. Visualisasi Hasil Analisa Perbandingan frekuensi

Hasil analisis secara keseluruhan memperlihatkan frekuensi 700 MHz dan 2600 MHz merupakan kandidat frekuensi terkuat untuk pengimplementasian teknologi LTE di Indonesia. Sehubungan frekuensi 700 MHz dan 2600 MHz sedang terisi, maka untuk saat ini di Indonesia belum dapat digunakan untuk LTE. Tentu saja diperlukan pengaturan regulasi oleh Dirjen Perhubungan yang terkait dengan ijin penggunaan frekuensi di Indonesia.

5. KESIMPULAN

Dari hasil analisa yang telah dilakukan pada penelitian ini, maka dapat disimpulkan penggunaan frekuensi 700 MHz untuk implementasi LTE di Indonesia dengan melihat beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan sebagai berikut:

- Perhitungan RSL untuk *link budget* arah *uplink* dan *downlink* menunjukkan

bahwa seluruh frekuensi kandidat yang akan ditempati LTE memberikan nilai RSL di atas nilai Receiver Sensitivity masing-masing frekuensi.

- Perhitungan *propagation loss* menunjukkan alokasi 700 MHz memberikan *propagation loss* lebih kecil dibandingkan frekuensi 2,1 dan 2,6 GHz, sehingga frekuensi 700 MHz memiliki jangkauan paling luas dibandingkan dengan frekuensi lainnya yaitu 2,907 Km².
- Perhitungan *coverage area* dari acuan parameter *downlink* untuk kondisi *pathloss* yang sama didapat frekuensi 700 MHz memberikan cakupan yang lebih luas yaitu 3,005 Km² dibanding frekuensi 2600 MHz yang cakupannya 2,215 Km².
- Kesiapan vendor peralatan pendukung dan negara-negara lain yang sudah mengimplementasi teknologi LTE menjadi tambahan penguat terhadap pemilihan frekuensi 700 MHz sebagai frekuensi kerja LTE di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mustafa Ergen ., (2009). *Mobile Broadband Including WiMAX and LTE*, Springer.
- [2] Hara, Shinsuke and Ramjee Prasad.,(2003). *Multicarrier Techniques for 4G Mobile Communications*, Artech House.
- [3] Schulze, Henrik dan Christian Luders.,(2005). *Theory and Applications of OFDM and CDMA*, John Wiley & Sons, Ltd.
- [4] Dahlman, Erick., (2007). *3G Evolution HSPA and LTE for Mobile Broadband First Edition*. Elsevier Ltd
- [5] Barth, Ulrich.,(2006). *3GPP Long-Term Evolution/ System Architecture Evolution*. Alcatel.
- [6] <http://www.postel.go.id/utama.aspx?MenuID=3&MenuItem=3>, 10 Februari 2011
- [7] <http://sites.google.com/site/teencyclopedia/lte-radio-link-budgeting-and-rf-planning>, 28 Desember 2010.