

## Analisa Interferensi Long Term Evolution terhadap Wifi pada Frekuensi Unlicensed

Enggo Nofriando<sup>1)</sup>, Dwi Astuti Cahyasiwi<sup>2)</sup> & Endy Syaiful Alim<sup>3)</sup>

<sup>1,2,3)</sup>Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA

Jl. Tanah Merdeka no.6 Kampung Rambutan Ciracas Jakarta Timur DKI Jakarta 13830

Telp.(021) 87782739, Fax. (021) 87782739

E-mail: Enggo1991@gmail.com

### Abstrak

*Long term evolution (LTE) merupakan bagian teknologi nirkabel dengan rentang frekuensi 2300-2400 MHz pada E-UTRA yang beroperasi di band 40 dengan mode transmisi time division duplex (TDD). Salah satu perangkat wireless yang frekuensi kerjanya mendekati sistem tersebut adalah WLAN (Wifi) dengan standar IEEE 802.11 b/g di frekuensi 2400 MHz. Interferensi dapat terjadi apabila pita frekuensi pada 2 sistem perangkat wireless yang berbeda mempunyai frekuensi yang sama atau berdekatan. Untuk melindungi Wifi dari interferensi yang disebabkan oleh perangkat LTE, perlu dilakukan kajian yang menganalisis interferensi LTE terhadap wifi 802.11 b/g. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis interferensi dari pengirim LTE band 40 terhadap penerima wi-fi 802.11 b/g menggunakan Spectrum Engineering Advanced Monte-Carlo Analysis Tool (SEAMCAT), yaitu model simulasi statistik yang menggunakan metode analisis yang disebut monte carlo dengan propagasi outdoor-indoor dengan melihat faktor jarak yang bervariasi antara pengirim pengganggu LTE terhadap penerima terganggu wi-fi. Dari hasil simulasi didapatkan desired Received Signal Strength (dRSS) menurun seiring jarak wanted transmitter (AP wifi) ke victim receiver (MS wifi) dijauhkan dengan jarak IT-VR minimum 50 meter; dRSS memiliki nilai sebesar -82.15 dBm dimana nilai ini dibawah nilai sensitivitas penerima yang ditetapkan. Sisi lain nilai C/I pada jarak IT-VR minimum 50 meter dengan jarak WT-VR maksimum 30 meter sebesar 13.01 dB mendekati nilai C/I yang ditetapkan dan probabilitas interferensi sebesar 16.79 %. Dengan mengetahui pengaruh interferensi LTE band 40 terhadap wifi 802.11 b/g pada band unlicensed dapat dilihat dari nilai C/I yang dihasilkan. Semakin dekat jarak pengganggu LTE maka semakin besar probabilitas interferensi yang dialami penerima wifi 802.11 b/g, sementara nilai C/I nya semakin kecil.*

**Katakunci :** long term evolution (LTE), wifi 802.11 b/g, interferensi, SEAMCAT.

### 1 PENDAHULUAN

Jaringan nirkabel (*wireless*) merupakan komunikasi antar sistem komputer tanpa menggunakan kabel. Teknologi *wireless* tersebut antara lain *Wi-fi*, Bluetooth, GSM, WIMAX dan yang terbaru yang sedang berkembang adalah *Long Term Evolution (LTE)*. LTE pada *Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA)* beroperasi di band 40 dengan frekuensi kerja 2,3-2,4 GHz dengan mode TDD<sup>[2]</sup>. *Wireless Fidelity (Wi-fi)* merupakan sekumpulan standar yang

digunakan untuk jaringan lokal nirkabel (*Wireless Local Area Network- WLAN*) yang didasari pada spesifikasi IEEE 802.11<sup>[3]</sup>. *Wi-fi* bekerja pada band frekuensi 2,4 GHz dan 5 GHz. Interferensi dapat terjadi antara *wi-fi* dengan standar IEEE 802.11 b/g di band frekuensi 2,4 GHz dengan LTE (frekuensi uplink dan downlink 2,3-2,4 GHz) pada operation band 40. LTE pada operation band 40 berada pada band yang berdekatan dengan *wi-fi* di band 2,4 GHz yang di sebut *Adjacent Channel Interference (ACI)*.

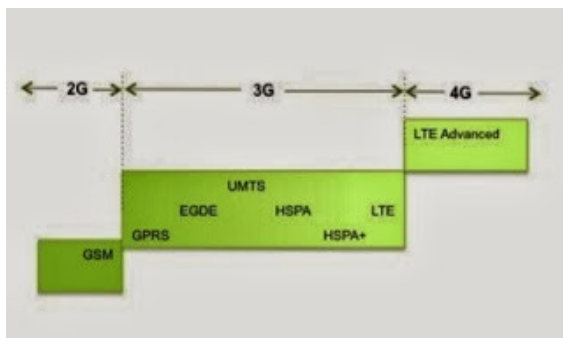
Menurut weiwei wang dalam penelitiannya telah membahas evaluasi dan deteksi interferensi koeksistensi pada sistem teknologi LTE tentang analisis komprehensif yang dilakukan untuk mengetahui kegagalan transmisi LTE yang disebabkan oleh gangguan *in-device coexistence* (IDC) dari radio *wifi*<sup>[4]</sup> dan *coexistence* untuk distribusi system *indoor* dari TD-LTE dengan sistem WLAN, penelitian tersebut menghasilkan kesimpulan bahwa antara TD-LTE dengan WLAN pada band 2.4 GHz akan saling mempengaruhi, dimana menunjukkan bahwa interferensinya cukup *significant*<sup>[5]</sup>.

Berdasarkan penelitian tersebut penulis ingin menganalisa interferensi LTE terhadap *wi-fi* pada band yang berdekatan (*adjacent*) dengan melihat efek interferensi yang disebabkan oleh *transmitter* LTE terhadap *receiver* pengguna *wi-fi* (MS 802.11 b/g).

## 2 DASAR TEORI

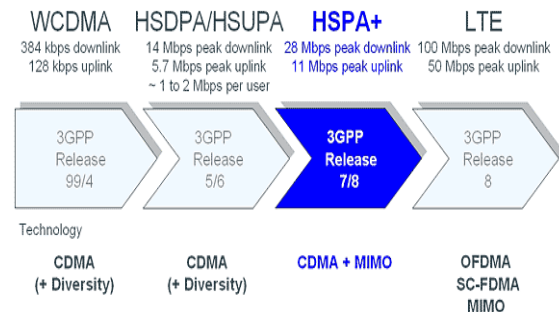
### 2.1 Long Term Evolution (LTE)

LTE adalah sebuah nama baru dari layanan yang mempunyai kemampuan tinggi dalam sistem komunikasi bergerak yang merupakan langkah menuju generasi ke-4 (4G) dari teknologi radio yang dirancang untuk meningkatkan kapasitas dan kecepatan jaringan telepon mobile. LTE adalah suatu proyek dalam *third generation partnership project* (3GPP). Evolusi jaringan seluler sampai ke teknologi LTE ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1 Evolusi Jaringan<sup>[6]</sup>

Menurut standar, LTE memberikan kecepatan uplink hingga 50 megabit per detik (Mbps) dan kecepatan downlink hingga 100 Mbps dengan bandwidth mencapai 20 MHz. Tidak diragukan lagi, LTE akan membawa banyak manfaat bagi jaringan selular. Perkembangan telekomunikasi menurut standar 3GPP terlihat pada Gambar 2<sup>[7]</sup>.



Gambar 2 Evolusi 3GPP<sup>[7]</sup>

### • Karakteristik LTE

LTE memberikan layanan bandwidth sebesar 20 MHz dengan kecepatan mencapai 100 Mbps pada downlink dan 50 Mbps pada uplink. Spesifikasi utama LTE menurut 3GPP, LTE dapat dilihat pada tabel 1<sup>[10]</sup>.

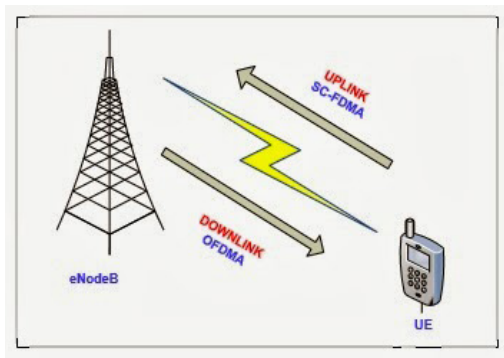
Parameter	Details
Peak downlink speed 64QAM(Mbps)	100 (SISO), 172 (2x2 MIMO), 326 (4x4 MIMO)
Peak uplink speeds (Mbps)	50 (QPSK), 57 (16QAM), 86 (64QAM)
Channel bandwidth (MHz)	1.4, 3, 5, 10, 15, 20 MHz
Duplex schemes	FDD dan TDD
Mobility	0 – 15 km/h (Optimised) 15 – 120 km/h (High performance) 120 – 350 km/h (Mobility maintained) 350 – 500 km/h (Under consideration Depending on frequency band)
Spectral efficiency	Downlink: 3 – 4 times Rel 6 HSDPA Uplink: 2 – 3 x Rel 6 HSUPA
Access Schemes	OFDMA (Downlink) SC-OFDMA (Uplink)
Cell Range	~ 5 km: Best Throughput, Spectrum Efficiency and mobility ~ 30 km: mobility as defined above, some degradation in throughput, Spectrum Efficiency ~ 100 km: Supported, degradations accepted
Modulation types supported	QPSK, 16QAM, 64QAM (Uplink dan Downlink)

Karakteristik ini memberikan nilai acuan untuk dapat menganalisis simulasi yang akan dijelaskan

pada bab selanjutnya. Berikut acuan parameter transmitter LTE yang merupakan parameter masukan terlihat di tabel 2<sup>[11]</sup>.

Frekuensi	2300-2400 MHz
Tinggi Antena TX	30 meter (Urban/Suburban)
Tinggi Antena RX	1 meter
Daya Tx	43 dBm (untuk 1.4, 3, dan 5 MHz) 46 dBm (untuk 10,15 dan 20 MHz)
Bandwidth	10 MHz
Gain antena	15 dBi
Masking	10 MHz
Noise Figure	5 dB
Minimum Coupling Loss <sup>[19]</sup>	45 dB
Sensitivitas Receiver	-94 dBm
Variabel jarak	50 meter, 200 meter, 600 meter, 700 meter, 800 meter, 1000 meter

Pada LTE teknik akses yang digunakan pada transmisi dalam arah downlink dan uplink berbeda. Arah downlink adalah arah komunikasi dari eNodeB ke UE, sementara arah uplink adalah arah dari UE menuju eNodeB seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Arah transmisi downlink dan uplink pada LTE<sup>[6]</sup>

Pada komunikasi seluler sangat penting untuk mempertimbangkan kemampuan jaringan untuk melakukan komunikasi dalam dua arah secara simultan atau dikenal dengan istilah komunikasi full duplex. Oleh karena itu untuk dapat melakukan komunikasi dua arah secara simultan, maka dibutuhkan suatu teknik duplex.

Pada umumnya terdapat dua teknik duplex yang biasanya digunakan, yaitu *frequency division duplex* (FDD) dan *time division duplex* (TDD). Perbedaan teknik FDD dan TDD dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3 FDD dan TDD pada LTE<sup>[6]</sup>

### Operasi Band LTE E-UTRA

*Evolved Universal Terrestrial Radio Access* (E-UTRA) LTE mendefinisikan band 40 beroperasi pada arah *uplink* dan *downlink* menggunakan teknik *access time division duplex* (TDD) dengan frekuensi 2,3-2,4 GHz terlihat pada tabel 3<sup>[11]</sup>.

E-UTRA Operating Band	Uplink (UL) operating band BS receive UE transmit	Downlink (DL) operating band BS receive UE transmit	Duplex Mode
	$F_{UL\ low} - F_{UL\ high}$	$F_{DL\ low} - F_{DL\ high}$	
1	1920 MHz - 1980 MHz	2010 MHz - 2025 MHz	FDD
2	1850 MHz - 1910 MHz	1930 MHz - 1990 MHz	FDD
3	1710 MHz - 1785 MHz	1805 MHz - 1880 MHz	FDD
4	1710 MHz - 1755 MHz	2110 MHz - 2155 MHz	FDD
5	824 MHz - 849 MHz	869 MHz - 894 MHz	FDD
6	830 MHz - 840 MHz	875 MHz - 885 MHz	FDD
7	2500 MHz - 2570 MHz	2620 MHz - 2690 MHz	FDD
8	880 MHz - 915 MHz	925 MHz - 960 MHz	FDD
9	1749.9MHz - 1784.9MHz	1844.9MHz - 1879.9 MHz	FDD
10	1710 MHz - 1770 MHz	2110 MHz - 2170 MHz	FDD
11	1427.9MHz - 1447.9MHz	1475.9MHz - 1495.9 MHz	FDD
12	698 MHz - 716 MHz	728 MHz - 746 MHz	FDD
13	777 MHz - 787 MHz	746 MHz - 758 MHz	FDD
14	788 MHz - 798 MHz	758 MHz - 768 MHz	FDD
17	704 MHz - 716 MHz	734 MHz - 746 MHz	FDD
33	1900 MHz - 1920 MHz	1900 MHz - 1920 MHz	TDD
34	2010 MHz - 2025 MHz	2010 MHz - 2025 MHz	TDD
35	1850 MHz - 1910 MHz	1850 MHz - 1910 MHz	TDD
36	1930 MHz - 1990 MHz	1930 MHz - 1990 MHz	TDD
37	1910 MHz - 1930 MHz	1910 MHz - 1930 MHz	TDD
38	2570 MHz - 2620 MHz	2570 MHz - 2620 MHz	TDD
39	1880 MHz - 1920 MHz	1880 MHz - 1920 MHz	TDD
40	2300 MHz - 2400 MHz	2300 MHz - 2400 MHz	TDD

Tabel 4 kanal bandwidth E-UTRA

E-UTRA band	E-UTRA band / channel bandwidth					
	1.4 MHz	3 MHz	5 MHz	10 MHz	15 MHz	20 MHz
1			Yes	Yes	Yes	Yes
2	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
3	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
4	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
5	Yes	Yes	Yes	Yes		
6			Yes	Yes		
7			Yes	Yes	Yes	Yes
8	Yes	Yes	Yes	Yes		
9			Yes	Yes	Yes	Yes
10			Yes	Yes	Yes	Yes
11			Yes	Yes		
12	Yes	Yes	Yes	Yes		
13			Yes	Yes		
14			Yes	Yes		
17			Yes	Yes		
18			Yes	Yes	Yes	
19			Yes	Yes	Yes	
20			Yes	Yes	Yes	Yes
21			Yes	Yes	Yes	Yes
23	Yes	Yes	Yes	Yes		
24			Yes	Yes		
25	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
33			Yes	Yes	Yes	Yes
34			Yes	Yes	Yes	Yes
35	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
36	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
37			Yes	Yes	Yes	Yes
38			Yes	Yes	Yes	Yes
39			Yes	Yes	Yes	Yes
40			Yes	Yes	Yes	Yes

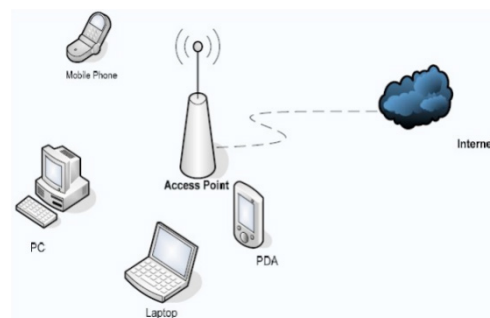
NOTE 1: bandwidth for which a relaxation of the specified UE receiver sensitivity requirement (clause 7.3) is allowed

## 2.2 Wireless Fidelity (WI-FI)

*Wi-fi* adalah sekumpulan standar yang digunakan untuk jaringan lokal nirkabel (*Wireless local area network* – WLAN) yang didasari pada spesifikasi IEEE 802.11. *Wi-fi* atau biasa disebut dengan WLAN dirancang bertujuan untuk didapatkan sistem komunikasi data menggunakan radio frekuensi berkecepatan tinggi sederhana mungkin dan bebas lisensi, sehingga digunakan spektrum frekuensi *industry, science, and medical* (ISM) pada frekuensi 2,4 GHz.

### Teknologi WLAN

Wireless LAN (WLAN) adalah teknologi LAN yang menggunakan frekuensi dan transmisi radio sebagai media penghantarnya, pada area tertentu, menggantikan fungsi kabel<sup>[3]</sup>. Konfigurasi jaringan WLAN terdiri dari akses point yang dihubungkan ke pengguna melalui media udara (frekuensi dan transmisi radio) seperti yang terlihat pada gambar 5:



Gambar 5 Contoh Jaringan WLAN

Frekuensi yang kini umum dipergunakan untuk aplikasi WLAN adalah 2.4 Ghz dan 5.8 Ghz yang secara internasional dimasukkan ke dalam wilayah license exempt (bebas lisensi) dan dipergunakan bersama oleh publik (frequency sharing).

### Standarisasi WLAN/ Wi-Fi

Ada empat variasi WLAN Berdasarkan spesifikasi IEEE 802.11 yaitu 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11n<sup>[3]</sup>.

- IEEE 802.11b  
Digunakan mulai akhir tahun 1999 Standar 802.11b menggunakan frekuensi 2,4 GHz, maksimum bandwidth yang bisa dicapai adalah 11 Mbps (Megabit per second).
- IEEE 802.11a  
Digunakan akhir 2001 bekerja pada frekuensi 5GHz mengikuti standard dari *Unlicensed National Information Infrastructure* (UNII). Maksimum badwidth yang bisa dicapai 54 Mbps.
- IEEE 802.11g  
Digunakan mulai pertengahan 2003 dengan frekuensi 2,4 GHz. Standar 802.11g menawarkan bandwidth yang tinggi (54 Mbps throughput maksimum, 30 Mbps dalam praktek) pada rentang frekuensi 2,4 GHz. Standar 802.11g mundur-kompatibel dengan standar 802.11b, yang berarti bahwa perangkat yang mendukung standar 802.11g juga dapat bekerja dengan 802.11b.

- d. IEEE 802.11n  
Standar jaringan wireless masa depan yang bekerja pada frekuensi 2,4 Ghz dan dikabarkan kecepatan transfer datanya mencapai 100-200 Mbps. Standar IEEE terbaru dalam kategori Wi-Fi adalah 802.11n.

**Karakteristik WLAN/Wi-fi 802.11 b/g**

WLAN mempunyai karakteristik masing-masing sesuai standar 802.11 yang digunakan dan kompatibel satu dengan yang lain pada frekuensi kerja yang sama. Dalam teknologi WLAN ada dua standar frekuensi yang digunakan untuk *indoor* dan *outdoor*, yaitu 2.4 GHz dan 5 GHz. Frekuensi yang digunakan didalam analisis adalah WLAN 802.11 b/g beroperasi di band 2.4 Ghz yang tergolong pada *Industrial, Scientific, dan Medical (ISM)*. Berikut adalah tabel perbandingan spesifikasi perangkat WLAN [9] terlihat pada tabel 5.

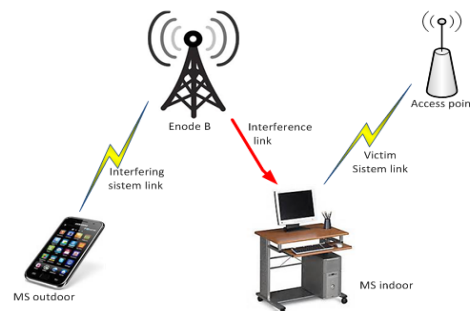
	802.11a	802.11b	802.11g
Standar	September 1999	September 1999	2002
Frekuensi	5,15 -5,25 GHz 5.25-5,35 GHz dan 5.725-5.825 GHz	2,4-2,485 GHz (ISM)	2.4-2,485 GHz
Bandwidth	300 MHz	83,5 MHz	83,5 MHz
Frekuensi Non Overlapping	4 indoor (UNII 1), Indoor/outdoor (UNII2), 4 outdoor (UNII3)	3 (indoor/outdoor)	3 (indoor/outdoor)
Kecepatan Data Per perkanal	54, 48, 36, 24, 18, 12, 9, dan 6 Mbps	11, 5,5, 2, dan 1 Mbps	54, 36, 33, 24, 22, 12, 11, 9, 6, 5,5, 2, dan 1 Mbps
Modulasi	BPSK (6, 9 Mbps) QPSK (12, 18 Mbps) 16-QAM (24, 36 Mbps) 64-QAM (48, 54 Mbps)	DQPSK/CCK (11, 5.5 Mbps) DQPSK (2 Mbps) DBPSK (1 Mbps)	OFDM/CCK (6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54) OFDM (6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54) DQPSK/CCK (22, 33, 11, 5.5 Mbps) DQPSK (2 Mbps) DBPSK (1 Mbps)
Kompatibilitas	Wi-fi5	Wi-fi	Wi-fi pada 11 Mbps Ke bawah

Antenna omni directional yang digunakan pada MS WLAN 802.11 b/g mempunyai karakteristik parameter masukan sebagai berikut, lihat tabel 6[16].

Tinggi Antena TX	3 meter
Tinggi Antena RX	1 meter
Gain Antena TX	5 dBi
Gain Antena RX	0 dBi
Sensitivitas Penerima	-82 dBm
Bandwidth	10 MHz (IEEE 802.11 b/g)
C/I objective	10 dB
Radius Jangkauan	45 M
Fading	12 dB
Availibility	60 %
Variabel jarak	10 meter, 15 meter, 20 meter, 25 meter, 30 meter

**2.3 Interferensi**

Intereferensi merupakan suatu gangguan yang sering terjadi pada sistem komunikasi. Dalam komunikasi Interferensi terbagi menjadi 2 macam diantaranya *co-channel interferensi (CCI)* dan *adjacent-channel interference (ACI)*. *interferensi co-channel* merupakan interferensi yang disebabkan oleh sinyal frekuensi *carrier* sama dengan sinyal informasinya sedangkan *interferensi adjacent channel* merupakan interferensi yang disebabkan oleh pengaruh dari frekuensi kanal yang berdekatan.



**Gambar 4** Skema interferensi LTE terhadap WLAN 802.11 b/g

Interferensi LTE band 40 terhadap WLAN standar IEEE 802.11 b/g dapat diketahui pada gambar 2.6 dalam interferensi yang terjadi, terlihat pada sinyal pengganggu berwarna merah seperti



noise dari perangkat aktif LTE band 40 terhadap WLAN 802.11 b/g. berikut skema interferensi yang terjadi.

perangkat antara LTE E-UTRA yang beroperasi pada band 40 dan *wi-fi* 802.11 b/g memiliki prinsip dasar yang sama yaitu mengirimkan informasi menggunakan frekuensi radio. Namun, perangkat LTE jika dibandingkan dengan *wi-fi* 802.11 b/g, LTE memiliki teknologi OFDM-based yang dapat mencapai data rates lebih tinggi dengan implementasi yang lebih sederhana menyertakan biaya relatif lebih rendah. Dalam table 4 dijelaskan spesifikasi perangkat LTE terhadap *wi-fi* 802.11 b/g yang memiliki kecepatan cukup baik dalam pengiriman sesuai standarisasi masing-masing. Lihat tabel 7.

	LTE	Wifi b/g
<b>Frekuensi</b>	2300 – 2400 MHz	2400 MHz
<b>kecepatan</b>	Downlink (Mbps) 100 (SISO), 172 (2x2 MIMO), 326 (4x4 MIMO) Uplink (Mbps) 50 (QPSK), 57 (16QAM), 86 (64QAM)	54, 36, 33, 24, 22, 12, 11, 9, 6, 5.5, 2, dan 1 Mbps
<b>Jarak</b>	0 – 15 km/h (Optimum) 15 – 120 km/h (performansi tinggi) 120 – 350 km/h (mobilitas dipertahankan) 350 – 500 km/h (dibawah pertimbangan tergantung band frekuensi)	20-100 Meter

### 3 PEMODELAN SKENARIO

Analisis interferensi pada LTE terhadap *Wi-fi* 802.11 b/g dimulai dengan menetapkan skenario mode propagasi yang akan digunakan, dalam kasus ini yang akan digunakan skenario outdoor – indoor dengan jarak interferensi antara perangkat keduanya maksimal 1 km dengan pertimbangan, jika jarak antara pengirim LTE dengan penerima *wifi* lebih dari 1 km, pengaruh interferensi dapat diabaikan.

Simulasi ini menggunakan *spectrum engineering advanced monte-carlo analysis tools* (SEAMCAT) yang merupakan model simulasi statistik menggunakan metode monte carlo untuk menilai probabilitas sistem radio komunikasi.

### 3.1 Parameter SEAMCAT

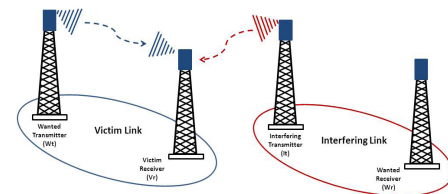
Seamcat 4.1.0 adalah aplikasi bantu yang digunakan dalam menganalisis dan mencari probabilitas interferensi yang terjadi antara LTE dengan *Wi-fi* 802.11 b/g. Seamcat mempunyai dua parameter yang penting dalam simulasi, yaitu:

#### a. Victim Link

Merupakan area kerja aktif antara sisi pengirim (*wanted transmitter*) dengan sisi penerima (*victim receiver*). *Victim link* ini seperti ruang atau area yang digunakan untuk simulasi.

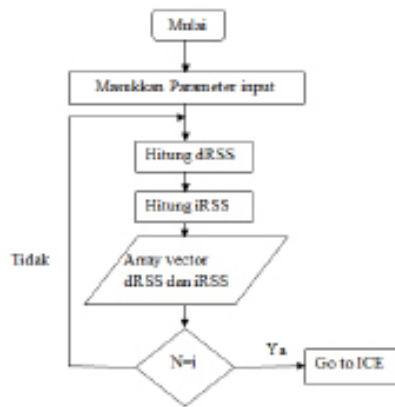
#### b. Interfering Link

Merupakan area kerja aktif interfering antara sisi pengirim interfering (*interfering transmitter*) dengan sisi penerima (*wanted receiver*).



Gambar 7 Skema Parameter Seamcat<sup>[14]</sup>

Setelah skema parameter pada simulasi ditentukan, masukkan parameter input yang sudah didapat kemudian dilakukan perhitungan untuk menghitung nilai dRSS dan iRSS. Data dRSS dan iRSS yang dihasilkan adalah dalam bentuk *array* pada *event generator engine* (EGE). *Output* EGE ini dijadikan sebagai *input* bagi DEE, dimana data *array* dari EGE ini akan diproses dengan tujuan untuk mengetahui apakah data-data tersebut dapat menghasilkan data statistik yang stabil atau tidak. Dari EGE ini akan dihasilkan distribusi data, jika *output* data dan jumlah iterasi yang dilakukan pada EGE (I) telah memenuhi jumlah data yang telah ditetapkan (N) maka hasilnya merupakan *vector* yang inputannya akan digunakan untuk menghitung probabilitas interferensi pada *Interferensi Calculation Engine* (ICE). Gambar 3.2. merupakan alur proses perhitungan pada SEAMCAT<sup>[9]</sup>.



Gambar 8 Alur Simulasi Perhitungan SEAMCAT<sup>[9]</sup>

### 3.2 desired Received Signal Strength (dRSS)

dRSS merupakan kekuatan sinyal terima yang diinginkan oleh *victim system link* yang dikirim access point (AP) ke mobile station (MS) wifi. Dalam skenario ini jarak digunakan sebagai variabel yang akan diubah untuk melihat efek interferensinya, untuk itu rumus yang digunakan untuk menghitung dRSS adalah<sup>[14]</sup> :

$$dRSS = f_{vr} \left( P_{wt}^{supplied}, g_{wt-vr}, PL_{wt-vr}, g_{vr-wt} \right) \quad (3.1)$$

$$= P_{wt}^{supplied} + g_{wt-vr}(f_{vr}) - PL_{wt-vr}(f_{vr}) + g_{vr-wt}(f_{vr}) \quad (3.2)$$

Keterangan :

- $f_{vr}$  = Frekuensi yang diterima divictim receiver
- $g_{wt-vr}$  = Gain antenna wanted transmitter dalam arah victim receiver
- $P_{wt}^{supplied}$  = Distribusi tingkat daya maksimal yang diberikan pada antenna penerima yang diinginkan
- $PL_{wt-vr}$  = Rugi-rugi jahar antara transmitter yang diinginkan dengan victim receiver

Perhitungan propagasi loss dalam implementasi model Extended Hata pada SEAMCAT antara transmitter dan receiver sebagai berikut<sup>[16]</sup>:

$$f_{propagasi}(f, h_1, h_2, d, env) = L + T(G(\sigma)) \quad (3.3)$$

Dimana

- $f$  = frekuensi (MHz)
- $h_1$  = tinggi antenna transmitter, m, (above ground)
- $h_2$  = tinggi antenna receiver, m, (above ground)
- $d$  = jarak antara transmitter dan receiver, km
- $T(G(\sigma))$  = Gaussian variation
- $env$  = general environment
- $\sigma = 3.5$ <sup>[16]</sup>
- $L$  = Median propagation loss (dB)

Jika rugi-rugi propagasinya adalah *outdoor-indoor* maka gunakan model hata berikut<sup>[16]</sup>:

$$L_{indoor-outdoor}^{hata} = L_{outdoor-outdoor}^{hata} + L_{we} \quad (3.4)$$

Untuk range frekuensi 2000 MHz < f < 3000 MHz (urban), maka L dapat ditetapkan sebagai berikut<sup>[16]</sup>:

$$L = 46.3 + 33.9 \log(2000) + 10 \log(f/20) - 13.82 \log(\max\{30, H_b\}) [44.9 - 6.55 \log(\max\{30, H_b\})] \log(d)]^{\alpha} - a(H_m) - b(H_b) \quad (3.5)$$

Dimana :

- $a(H_m) = 1.1 \log(f) - 0.7 \min\{10; H_m\} - (1.56 \log(f) - 0.8) + \max\{0; 20 \log(H_m/10)\}$
- $b(H_b) = \min\{0; 20 \log(H_b/30)\}$

$$\alpha = \begin{cases} 1 & d \leq 20 \text{ km} \\ 1 + (0.14 + 1.87 \times 10^{-4} x f + 1.07 \times 10^{-3} H_b) (\log \frac{d}{20})^{0.8} & 20 \text{ km} < d < 100 \text{ km} \end{cases} \quad (3.6)$$

Simbol :

- $H_m = \min(h_1, h_2)$
- $H_b = \max(h_1, h_2)$

### 3.3 interference Received Signal Strength (iRSS)

Pada skenario interferensi, iRSS merupakan sinyal interferensi yang diterima victim receiver dari beberapa transmitter penginterferensi. iRSS dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai

berikut<sup>[15]</sup>:

$$emission_{IT}(f_{it} - f_{vr}) = unwanted_{rel} + P_{it}^{output} \quad (3.7)$$

Dimana jumlah interferensi N sinyal ( $unwanted_{rel}$ ) diperoleh dari:

$$unwanted_{rel} = 10 \log \left\{ \frac{10}{in10} \sum_{i=0}^{N-1} \frac{(P_{i+1}^{linier} - P_i^{linier})(\Delta f_{i+1} - \Delta f_i)}{P_{i+1}^{dbc} - P_i^{dbc}} \right\} \quad (3.8)$$

Keterangan :

$P_{i+1}^{linier}$  = Daya linier yang dihasilkan transmitter pengganggu i+1

$P_i^{linier}$  = Daya linier yang dihasilkan transmitter pengganggu ke i

$P_{it}^{output}$  = Power transmitter antenna pengganggu

$P_{i+1}^{dbc}$  = Emisi mask yang dinormalisasi (dBc/MHz)

$\Delta f_{i+1}$  = Selisih frekuensi victim receiver dengan interfering transmitter ditambah  $\frac{1}{2}$  kali bandwidth victim receiver

$\Delta f_i$  = Selisih frekuensi victim receiver dengan interfering transmitter dikurang  $\frac{1}{2}$  kali bandwidth victim receiver

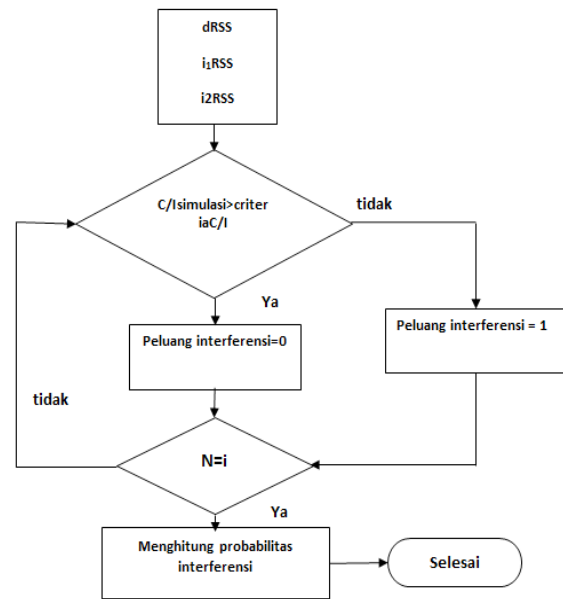
### 3.4 Menghitung Probabilitas Interferensi

*Interferensi calculation engine (ICE)* akan melakukan perhitungan interferensi berdasarkan data dRSS dan iRSS yang diperoleh. Probabilitas terjadinya interferensi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut[14]:

$$P_D = P \left( \frac{dRSS}{iRSS_{composite}} > \frac{C}{I} \mid dRSS > sens_{vr} \right) \quad (3.9)$$

Dimana :

$iRSS_{composite}$  merupakan jumlah dari semua sinyal yang menginterferensi receiver.



Gambar 9 Diagram Alir Menghitung Interferensi<sup>[9]</sup>

Pada gambar 10 dapat dilihat alur simulasi yang dilakukan untuk perhitungan probabilitas interferensi. Data array iRSS dan dRSS ditentukan apakah perbandingan dRSS dengan  $iRSS_{composite}$  nya masih lebih besar dibandingkan dengan kriteria C/I yang telah ditetapkan. Jika hasilnya lebih besar maka ditetapkan besarnya 0 karena tidak terjadi interferensi, tapi jika sebaliknya maka ditetapkan besarnya 1 karena terjadi interferensi.

Untuk melihat interferensi yang terjadi antara LTE terhadap *Wi-fi* 802.11 b/g maka dikumpulkan data mengenai hubungan antar jarak daerah cakupan dan LTE terhadap nilai *carrier to interferensi (C/I)* *wi-fi* 802.11 b/g. dengan persamaan berikut kita dapat menghitung besarnya nilai (C/I)<sup>[14]</sup>:

$$\frac{C}{I} \text{ (dB)} = 10 \times \log \left( \frac{10^{dRSS/10}}{10^{iRSS_{composite}/10}} \right) \quad (3.10)$$



## 4 SIMULASI DAN ANALISA HASIL

### 4.1 Parameter Simulasi

Nilai kedua tabel parameter dimasukkan dalam simulasi kemudian di jalankan dan skenario perubahan jarak antar WT-VR serta IT-VR dijadikan variabel yang diubah untuk mendapatkan hasil jarak maksimal WT-VR dan jarak minimal IT-VR yang mengganggu penerima WLAN 802.11 b/g (VR).

**Tabel 8** Victim Sistem Link (Sistem yang Terganggu) <sup>[17]</sup>

Wanted Transmitter (Access Point)	
Frekuensi	2400 MHz
Tinggi Antena	3 meter
Daya Tx	17 dBm
Kecepatan akses	54 Mbps (20-40 MHz) IEEE 802.11 b/g
Gain Antena	5 dBi (Omnidirectional)
Victim Receiver (User WLAN)	
Tinggi Antena	1 meter
Gain Antena	0 dBi
Sensitivitas Penerima	-82 dBm
Bandwidth	10 MHz (IEEE 802.11 b/g)
C/I objective	10 dB
Radius Jangkauan	45 meter
Fading standar deviasi <sup>[19]</sup>	12 dB
Availibility	60%
Variabel jarak WT-VR	10 meter, 15 meter, 20 meter, 25 meter dan 30 meter

**Tabel 9** Interfering Sistem Link (Sistem Pengganggu) <sup>[10]</sup>

Interfering Transmitter (Enode B)	
Frekuensi	2395 MHz
Tinggi Antena	30 meter (Urban/Suburban)
Daya Tx	46 dBm (untuk 10,15 dan 20 MHz)
Gain antena	15 dBi
Masking	-10 dBm / MHz
Noise Figure	5 dB
Wanted Receiver (User Equipment)	
Tinggi Antena	1 meter
Gain Antena	0 dBi
Sensitivitas	-94 dBm
Bandwidth	10 MHz
Noise figure	9 dB
Variabel jarak IT-VR	50 meter, 200 meter, 600 meter, 700 meter, 800 meter dan 1000 meter

### 4.2 Hasil Simulasi dan Analisis

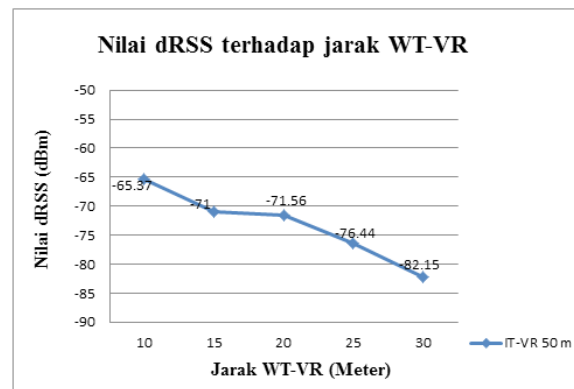
Perubahan jarak WT-VR dan IT-VR yang dimasukkan dalam simulasi menghasilkan data yang dirangkum dalam sub bab berikut:

dRSS pada WLAN 802.11 b/g

Perubahan jarak WT-VR bervariasi dari 10 m, 15 m, 20 m, 25 m dan 30 m dan jarak IT-VR mulai dari 50 m, 200 m, 600 m, 700 m, 800 m dan 1 km memberikan data dRSS yang termuat dalam tabel 10.

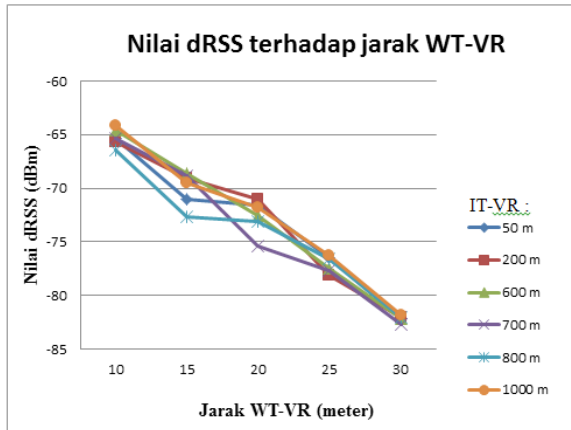
WT-VR (m)	IT-VR (dBm)					
	dRSS 50 m	dRSS 200 m	dRSS 600 m	dRSS 700 m	dRSS 800 m	dRSS 1 km
10 m	-65.37	-65.66	-64.62	-65.38	-66.44	-64.13
15 m	-71	-69.1	-68.62	-68.82	-72.64	-69.45
20 m	-71.56	-71.06	-72.52	-75.4	-73.12	-71.81
25 m	-76.44	-78.08	-77.5	-77.64	-76.63	-76.28
30 m	-82.15	-82.08	-82.17	-82.76	-82.01	-81.84

Dari tabel 10 dapat dibuat grafik yang menunjukkan pola hubungan jarak WT-VR dan IT-VR terhadap perubahan nilai dRSS. Pada WT-VR dengan jarak 10 meter besarnya nilai dRSS adalah -65.37 dBm, sedangkan pada jarak 30 meter nilai dRSS -82.15 dBm, untuk jarak *interfering transmitter* (pengirim LTE) ke *victim receiver* (penerima *wifi* 802.11 b/g) yang sama yaitu 50 meter. Penurunan nilai dRSS ini dipengaruhi oleh faktor jarak antara *wanted transmitter* ke *victim receiver*, hal ini dapat dilihat pada gambar 4.1 bahwa semakin jauh jarak WT-VR maka semakin kecil nilai dRSS yang diperoleh penerima *wifi* 802.11 b/g.



**Gambar 10** Nilai dRSS terhadap jarak IT-VR 50 meter

Hubungan keseluruhan antara jarak WT-VR, IT-VR dan dRSS yang diterima oleh *wifi* 802.11 b/g dapat dilihat pada gambar 11 dibawah ini.



Gambar 11 Nilai dRSS keseluruhan terhadap jarak WT-VR

Pada gambar 11 dapat dilihat bahwa semakin jauh jarak WT-VR maka semakin kecil nilai dRSS, bahkan pada WT-VR 30 meter dan IT-VR 50 m, 200 m, 600 m, 700 m dan 800 m didapatkan nilai dRSS yang lebih kecil dari nilai sensitivitas penerima WLAN 802.11 b/g. Hanya pada WT-VR 30 meter dan IT-VR 1 km saja yang memiliki sensitivitas lebih dari standar yang ditetapkan. Sementara pada WT-VR 10 – 25 meter tidak ada nilai dRSS yang dibawah sensitivitas penerima.

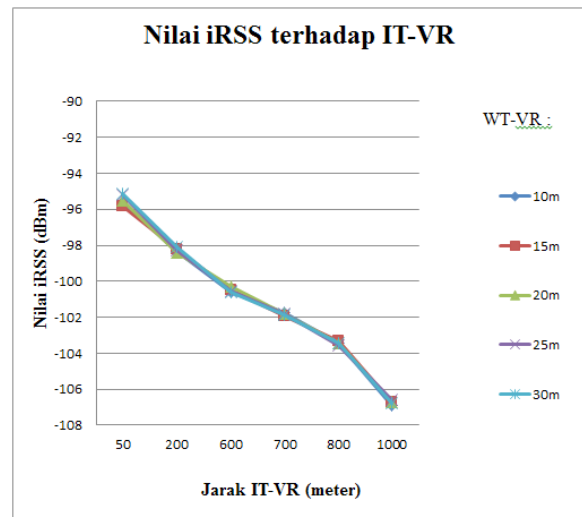
iRSS pada WLAN 802.11 b/g

Untuk mengetahui besarnya nilai interferensi (iRSS) pada perangkat LTE terhadap *wifi* 802.11 b/g dapat dilihat pada tabel 11.

WT-VR (m)	IT-VR (dBm)					
	iRSS 50 m	iRSS 200 m	iRSS 600 m	iRSS 700 m	iRSS 800 m	iRSS 1 km
10 m	-95.55	-98.35	-100.61	-101.77	-103.46	-106.89
15 m	-95.82	-98.22	-100.48	-101.96	-103.34	-106.7
20 m	-95.5	-98.42	-100.29	-101.79	-103.47	-106.71
25 m	-95.22	-98.31	-100.54	-101.67	-103.55	-106.62
30 m	-95.16	-98.08	-100.62	-101.84	-103.45	-106.79

Pengaruh faktor jarak IT-VR terhadap besarnya iRSS dapat terlihat pada table 11, bahwa pada jarak IT-VR yang semakin jauh maka nilai iRSS nya akan semakin kecil untuk jarak WT-VR yang sama. Pada tabel 4.4 dapat dilihat juga 10 m, 15 m, 20 m, 25 m dan 30 m tidak memberikan pengaruh pada nilai iRSS, sejauh jarak IT-VR tetap. Berarti potensi kemungkinan terjadinya interferensi pada jarak WT-VR 10 meter dan IT-VR 50 meter akan besar.

Untuk melihat hubungan jarak WT-VR terhadap IT-VR dengan nilai iRSS dapat dilihat pada gambar 4.3. dari gambar terlihat nilai iRSS terjadi penurunan yang signifikan seiring bertambahnya jarak IT-VR.



Gambar 12 Nilai iRSS terhadap jarak IT-VR

Dari grafik diatas dapat dilihat pola hubungan iRSS, bahwa daya sinyal iRSS dapat bertambah dan berkurang di akibatkan oleh pengaruh faktor jarak jauh dan dekatnya penginterferensi (IT-VR). Hubungan yang akan bertambah jika jarak IT-VR nya mendekat.

Pengaruh interferensi LTE terhadap *wifi* 802.11 b/g ditunjukkan oleh pengaruh jarak antara transmitter LTE terhadap *wifi* 802.11 b/g terhadap carrier to interference ratio (C/I).

Hasil Perhitungan C/I

Untuk mengetahui besarnya nilai *carrier to interference ratio* (C/I) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.10. Salah satu contoh besarnya nilai perhitungan nilai C/I dari nilai dRSS dan iRSS yang dihasilkan sebagai berikut :

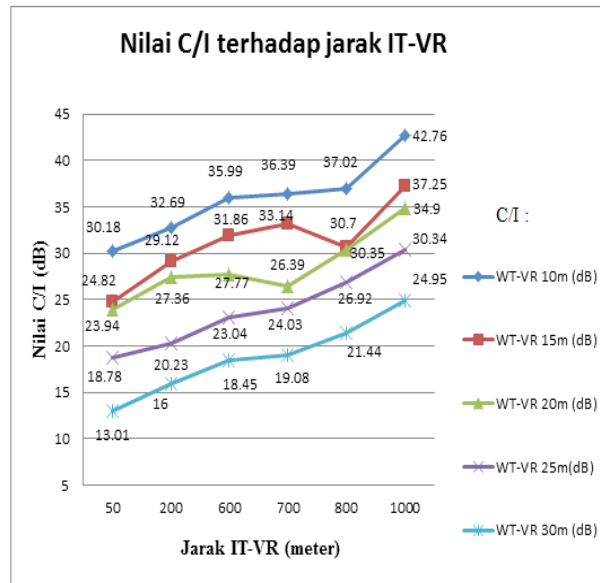
$$\frac{C}{I} \text{ (dB)} = 10 \times \log \left( \frac{10^{-65.37/10}}{10^{-95.55/10}} \right) = 30.18 \text{ dB}$$

Hasil lebih lanjut dijelaskan pada tabel 12 dan untuk grafiknya dapat dilihat pada gambar 13. pada tabel 12 dapat dilihat bahwa nilai C/I diperoleh dari kondisi WT-VR 10 m, 15 m, 20 m, 25 m dan 30 m terhadap jarak minimum IT-VR 50 meter sebesar 30.18 dB, 24.82 dB, 23.94 dB, 18.78 dB dan 13.01 dB. Sedangkan ketika jarak IT-VR maksimum 1 km nilai C/I yang dihasilkan sebesar 42.76 dB, 37.25 dB, 34,9 dB, 30.34 dB dan 24.95 dB. Faktor ini dikarenakan nilai pada IT-VR 50 meter memiliki nilai iRSS yang besar sedangkan nilai iRSS pada IT-VR 1 km memiliki nilai iRSS kecil. Dapat dilihat pada tabel 12.

IT-VR (m)	Nilai C/I terhadap jarak WT-VR				
	C/I 10m (dB)	C/I 15m (dB)	C/I 20m (dB)	C/I 25m (dB)	C/I 30m (dB)
50	30.18	24.82	23.94	18.78	13.01
200	32.69	29.12	27.36	20.23	16
600	35.99	31.86	27.77	23.04	18.45
700	36.39	33.14	26.39	24.03	19.08
800	37.02	30.7	30.35	26.92	21.44
1000	42.76	37.25	34.9	30.34	24.95

Pada table 12 terlihat bahwa nilai C/I tertinggi berada pada WT-VR saat jarak 10 meter dan jarak IT-VR 1 km yaitu sebesar 42.76 dB sedangkan C/I terendah pada saat jarak WT-VR 30 meter dan jarak IT-VR 50 meter. Hal Ini terlihat bahwa semakin dekat jarak penginterferensi (IT-VR) terhadap jarak WT-VR maka dapat mengakibatkan penurunan nilai C/I, dengan kata lain interferensi dapat saja terjadi apabila nilai C/I simulasi lebih

kecil dibandingkan nilai C/I yang ditetapkan pada tabel 8.



Gambar 13 Nilai C/I terhadap jarak IT-VR

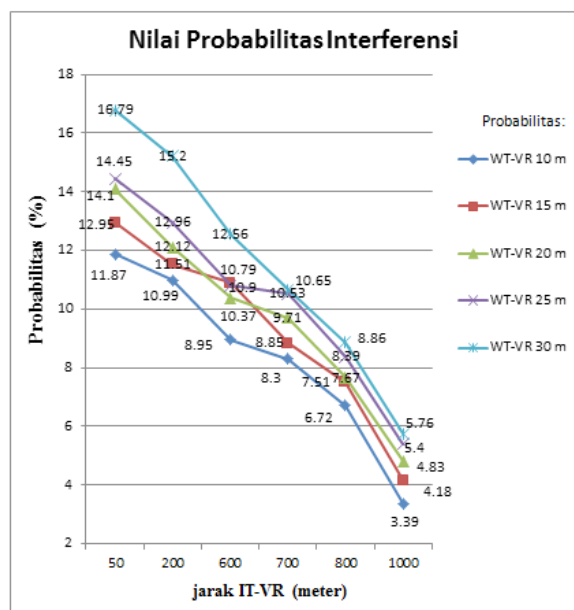
Pada gambar 13 pola grafik C/I menurun secara signifikan seiring dengan bertambahnya jarak WT-VR dan berkurangnya jarak IT-VR. Dari hasil akhir penelitian ini didapatkan dimana nilai C/I simulasi masih lebih besar dari nilai C/I yang ditetapkan. Kemungkinan terjadinya interferensi ada pada nilai C/I yang paling kecil, karena hal ini menunjukkan bahwa nilai iRSS nya paling besar sementara nilai dRSS nya paling kecil. Dari kurva diatas, hanya kurva biru yang menunjukkan nilai dRSS nya yang kecil dan nilai iRSS nya yang besar, dimana kondisi ini terjadi pada saat WT – VR berjarak paling jauh 30 m.

Hasil Simulasi Probabilitas Interferensi

Untuk melihat nilai probabilitas interferensi dari jarak IT-VR dan WT-VR dapat dilihat pada tabel 13.

IT-VR (m)	Nilai Probabilitas Interferensi				
	Prob. 10m (%)	Prob. 15m (%)	Prob. 20 m (%)	Prob. 25 m(%)	Prob. 30 m (%)
50	11.87	12.95	14.1	14.45	16.79
200	10.99	11.51	12.12	12.96	15.2
600	8.95	10.9	10.37	10.79	12.56
700	8.3	8.85	9.71	10.53	10.65
800	6.72	7.51	7.67	8.39	8.86
1000	3.39	4.18	4.83	5.4	5.76

Pada tabel 13 terlihat bahwa nilai tertinggi probabilitas interferensi terdapat pada jarak WT-VR 30 meter dan IT-VR 50 meter sebesar 16.79% sedangkan nilai terendah probabilitas interferensi pada jarak WT-VR 10 meter dan IT-VR 1 km sebesar 3.39%. Ini menandakan semakin tinggi nilai probabilitas interferensinya maka semakin besar resiko terjadinya interferensi.



Gambar 14 Nilai Probabilitas Interferensi

Pada gambar 14 terlihat jarak IT-VR 50 meter pada kurva grafik probabilitas interferensi meningkat seiring dengan WT-VR dijauhkan dan ketika jarak IT-VR di jauhkan nilai probabilitas interferensi yang dihasilkan menurun. Ini disebabkan karena faktor jarak IT-VR menentukan jarak terjadinya interferensi.

## KEPUSTAKAAN

- [1]. Suyuti, Saidah. 2011. *Studi Perkembangan Teknologi 4G –LTE dan WIMAX di Indonesia*. Jurnal Ilmiah UNHAS Vol 09/No.02/Mei-Agustus/2011
- [2]. ETSI TS 136 101 V10.3.0 (2011-06) *LTE; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) radio transmission and reception* (3GPP TS 36.101 version 10.2.0 Release 10)
- [3]. Hartono. Rudi dkk. 2011. *Wireless Network 802.11.D3 TI FMIPA UNS*
- [4]. Wang. Weiwei dkk. "In-device Coexistence Interference Evaluation and Detection in LTE-A System". Vehicular Technology Conference (VTC Spring), 2012 IEEE 75<sup>th</sup>
- [5]. Jiwei He, dkk. "Coexistence Studies For Indoor Distribution System Of Td-Lte With Wlan System". Cloud Computing and Intelligent system (CCIS), 2012 IEEE 2<sup>nd</sup> international Conference on. DOI: 10.1109/CCIS.2012.6664307
- [6]. S.Siburian(2011). <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/29936/4/Chapter%20II.pdf> [21 pebruari 2015]
- [7]. Rohde dan schwarz <http://www2.rohdeschwarz.com/product/AMUK59.html> [21 pebruari 2015]
- [8]. Miriam Bank, M. Bank, M. Haridim, B. Hill "OFDMA in high-speed mobile system, pilots and simulation problem Int'l. J. Of Communications, 1(4), 2007 (173-179)". (<http://en.wikipedia.org/wiki/OFDMA> akses tanggal 21 Pebruari 2015).
- [9]. Cahyasiwi, Dwi Astuti. *Interferensi Agregat UWB Terhadap WLAN 802.11a*, Jakarta : Tesis, Universitas Indonesia. 2008.
- [10]. International journal of Advanced Science and Technology. "Study on Coexistence between Long Term Evolution and Digital Broadcasting services". Vol. 38. Januari. 2012

- [11]. ETSI TS 136 101 V10.3.0 (2011-06) *LTE; Evolved universal terrestrial radio access (E-UTRA); User Equipment (UE) radio transmission and reception* (3GPP TS 36.101 version 10.2.0 release 10).
- [12]. Noviyanto. halaman 1, *wireless local area network (WLAN)*, jaringan komputer, pertemuan 11
- [13]. Irwan, Hadi. *Analisis Interferensi Tunggal WLAN 802.11a Terhadap Ultra Wide Band (UWB)*. Jakarta : Skripsi, Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA. 2011
- [14]. SEAMCAT Handbook. *European Communication Office*. Copenhagen, Denmark, Januari. 2010.
- [15]. On-line manual, [www.seamcat.org](http://www.seamcat.org)
- [16]. Information document for SEAMCAT-3 Wiki Help database SEAMCAT implementation of Extended Hata and Extended Hata-SRD models. *Hata-and-Hata-SRD-implementation\_v3.pdf*
- [17]. ECC report 201 “*Compatibility Study between MBANS operating in the 2400-2483.5MHz and 2483.5-2500 MHz bands and other systems in the same bands or in adjacent bands*”. sept 2013. Hal-18
- [18]. 3GPP TR 25.951 V8.0.0 (2008-12) “*3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; FDD Base Station (BS) classification*” (Release 8).
- [19]. ETSI TR 101 112 V3.2.0 (1998-04), Title: *Universal Mobile Telecommunications System (UMTS)*;