

Analisis Interferensi TV Digital Terhadap Long Term Evolution (LTE) Pada Frekuensi 700 MHz

Triyono, Dwi Astuti Cahyasiwi, Emilia Roza, Kun Fayakun

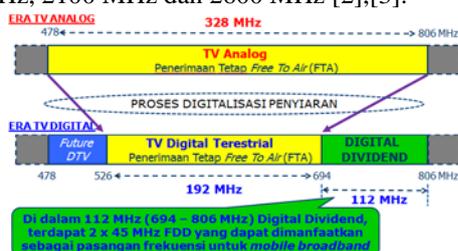
Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka
Jalan Tanah Merdeka No.6, Kp Rambutan, Jakarta Timur, Indonesia
Telp; (021) 8400941 Fax : (021) 87782739

Abstrak – Long Term Evolution (LTE) merupakan teknologi telekomunikasi paling baru saat ini yang bekerja pada rentang frekuensi mulai dari FDD (Frequency Division Duplex) LTE 850 MHz, FDD LTE 900MHz, FDD LTE 1.800MHz, dan TDD (Time Division Duplex) LTE 2.300MHz. LTE juga bisa memanfaatkan spektrum 700 MHz yang akan dikosongkan oleh pemerintah terkait rencana digitalisasi penyiaran televisi di Indonesia. Koeksistensi TV Digital dan LTE pada frekuensi 700 MHz memerlukan studi yang menyeluruh, karena adanya potensi interferensi adjacent channel antara kedua sistem tersebut. Penelitian bertujuan untuk melihat pengaruh interferensi transmiter TV Digital terhadap penerima LTE melalui simulasi SEAMCAT. Melalui hasil simulasi dapat dilihat bahwa, dari nilai probabilitas interferensi 48.23 % dan C/I 10.82 berarti jarak terdekat antara pengganggu dengan yang terganggu 0.24 km dan jarak antara pemancar dengan penerima terganggu 0.5 km. Sedangkan pada jarak terjauh untuk pengganggu dengan yang terganggu 1.1 km dan jarak antara pemancar dengan penerima terganggu 2.7 km, dengan nilai probabilitas interferensi sebesar 48.23 % dan nilai C/I 10.91 dB. Berarti untuk jarak yang lebih dekat atau lebih jauh dari itu, pengguna LTE akan terinterferensi oleh pemancar TV Digital.

Kata kunci: Long Term Evolution (LTE); TV Digital; Interference; SEAMCAT.

1 Pendahuluan

Pada tahun 2018 mendatang, pemerintah melalui Menteri Komunikasi dan Informasi menyatakan bahwa akan mengkonversi seluruh TV Analog yang ada di Indonesia, menjadi TV Digital. Jika rencana pemerintah tersebut terlaksana, maka akan ada kekosongan frekuensi yang sebelumnya digunakan oleh TV Analog (*digital dividend*) sebesar 112MHz (frekuensi 694 – 806 MHz), dimana frekuensi 700MHz akan digunakan untuk alokasi jaringan Long Term Evolution (LTE) di Indonesia. Jaringan LTE bisa optimal, dengan alokasi bandwidth minimal 20 MHz. Beberapa penelitian telah menganalisis penggunaan frekuensi LTE pada rentang frekuensi 700 MHz, 800 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz dan 2600 MHz [2],[3].



Gambar 1 Digital Dividend

Frekuensi 700 MHz merupakan frekuensi yang baik untuk digunakan sebagai frekuensi kerja LTE di Indonesia, karena memiliki *propagation loss* yang lebih kecil, sehingga memiliki jangkauan koneksi paling luas dibandingkan dengan frekuensi 2100 MHz dan 2600 MHz dan cakupan *coverage areadownlink* yang lebih luas dibandingkan pada frekuensi 2600 MHz. [2]. Sedangkan dilihat dari data *link budget* LTE FDD bandwidth 2x20 MHz lebih baik dibandingkan LTE TDD bandwidth 20 MHz yang dapat menyimpan 110 eNodeB untuk area seluas 500 km² dan kecepatan data 100 Mbps. LTE TDD 20 MHz lebih baik dari LTE TDD 2x10 MHz yang menyimpan 55 eNodeB pada area dan kecepatan data yang sama [3].

Di Indonesia frekuensi 700 MHz masih ditempati oleh TV Analog sehingga perlu ada aturan dari pemerintah agar TV Analog beralih ke TV Digital. Jika aturan tersebut dapat terlaksana, maka akan ada penggunaan pita frekuensi berdampingan (*adjacent channel*) antara TV Digital dan LTE yaitu pada frekuensi 700 MHz. Hal ini akan menimbulkan potensi interferensi yang disebabkan adanya *adjacent interference* tersebut. LTE akan selalu

menginterferensi TV Digital pada pita frekuensi 700 MHz karena daya pemancar LTE lebih besar dibanding TV Digital. (4). Pada penelitian ini, peneliti akan menganalisa interferensi TV digital terhadap LTE yang terjadi di Indonesia, dengan skenario untuk melihat efek interferensi yang disebabkan oleh transmisi TV Digital terhadap *receiver* LTE. Dimana TV Digital yang akan menjadi pengganggu dan *User Equipment* (UE) LTE menjadi yang terganggu.

1.1 Permasalahan

Permasalahan yang muncul dari latar belakang diatas adalah:

1. Bagaimana interferensi yang terjadi antara TV Digital terhadap performansi UE LTE
2. Berapa besar probabilitas interferensi yang terjadi antara TV Digital dengan UE LTE pada frekuensi 700 MHz.
3. Berapa jarak terdekat dan terjauh TV Digital dengan UE LTE dilihat dari interferensinya.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan bertujuan untuk :

1. Mengetahui pengaruh interferensi TV Digital terhadap UE LTE dengan melihat kriteria C/I dan mencari nilai probabilitas interferensinya
2. Mengetahui berapa jarak terdekat dan terjauh transmisi TV Digital dengan UE LTE yang tidak mengganggu performansi.

1.3 Batasan Penelitian

Adapun batasan masalah yang akan diterapkan pada penelitian ini adalah :

1. Perancangan skenario melihat dari sisi *downlink* transmisi TV Digital yang menginterferensi *receiver* UE LTE.
2. *Local Environment* dari *receiver* UE LTE adalah 80% *outdoor* dan 20% *indoor*.

Analisis difokuskan pada karakteristik C/I (*Carrier to Interference*) *receiver* UE LTE tanpa menghitung nilai SNR (*Signal to Noise Ratio*).

2 Rujukan - Rujukan

2.1 Televisi Digital Indonesia

Penggunaan frekuensi untuk televisi digital diatur dalam Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika (KOMINFO) No. 23/PER/M.KOMINFO/11/2011 tentang Rencana Induk (*Masterplan*) Frekuensi Radio untuk Keperluan Televisi Siaran Digital Terrestrial pada Pita Frekuensi Radio 478 – 694 MHz. Departemen Komunikasi dan Informatika menetapkan standar penyiaran televisi digital terrestrial penerimaan tetap tidak berbayar (*free-to-air*) di Indonesia adalah *Digital Video Broadcasting-Second Generation Terrestrial* (DVB-T2), menggantikan standar DVB-T yang telah ditetapkan sebelumnya [1].

Penerimaan siaran *broadcast* HDTV pada dasarnya sama saja dengan TV analog, hanya saja perangkat yang di pakai dan cara pemrosesan sinyalnya

yang berbeda. Stasiun TV analog atau digital memancarkan gelombang elektromagnetik termodulasi dengan frekuensi tertentu sesuai dengan frekuensi yang dipakai oleh kanal tersebut. Kemudian sinyal diterima oleh perangkat penerima sinyal, lalu diolah oleh *set of box*, dan akhirnya ditampilkan pada layar televisi dan speaker [9]. Perbedaannya adalah pada TV digital menggunakan modulasi digital, dimana gelombang informasi merupakan data-data digital berupa bit-bit biner.

DVB-T mampu mengirimkan sejumlah besar data pada kecepatan tinggi secara *point-to-multipoint*, secara langsung dari pemancar bumi (terrestrial) ke pemirsa di rumah. Fungsi pemancar bumi adalah untuk mentransmisikan data digital MPEG-2 yang telah dimodulasi menjadi gelombang VHF/UHF melalui antena pemancar [8]. Sistem modulasi digital digunakan adalah modulasi *Orthogonal Frequency Division Multiplex* (OFDM) dengan pilihan tipe modulasi QPSK, 16QAM atau 64QAM. Dengan menggunakan sistem ini, bandwidth yang digunakan (sekitar 6 - 8 MHz) dapat menjadi efisien yang memungkinkan pemakaian satu kanal untuk beberapa konten [9]. Karakteristik utama dalam memenuhi DVB transmisi TV Digital dapat dilihat pada tabel 1 di bawah ini [9].

Tabel 1 Karakteristik utama pada transmisi TV Digital DVB⁽⁹⁾

Parameter	Satelit (DVB-S)	Kabel (DVB-C)
Lebar Kanal	26-54 MHz	8 MHz (7 MHz)
Tipe Modulasi	QPSK (=4 QAM)	64, 32 atau 16 QAM

Pengalokasian frekuensi untuk TV Digital dan LTE akan memanfaatkan *digital dividend* hasil dari migrasi TV Analog menjadi TV Digital. TV Analog yang menggunakan *bandwidth* sebesar 328 MHz, sedangkan bandwidth TV digital hanya 192 MHz. Sehingga *bandwidth* sebesar 136 MHz yang tersisa. Bandwidth sebesar 112 MHz tersebut dialokasikan untuk *digital dividend*, seperti terlihat pada gambar 1. [10].

2.2 Long Term Evolution (LTE)

Long Term Evolution (LTE) merupakan standar protocol komunikasi seluler yang dibangun oleh *3rd Generation Partnership Project* (3GPP) sebagai kelanjutan dari teknologi 3G (UMTS), seringkali disebut sebagai teknologi seluler generasi keempat atau 4G [5].

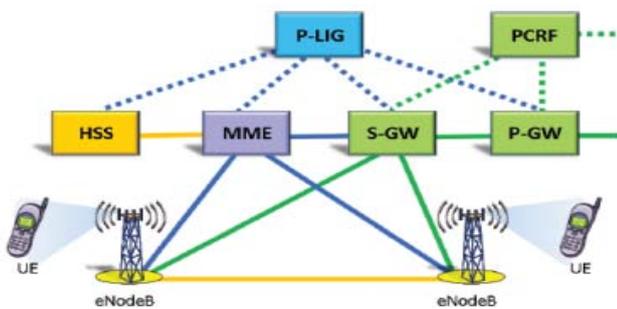
Pengembangan LTE ditujukan untuk memenuhi kebutuhan kecepatan data yang semakin tinggi dibandingkan dengan generasi sebelumnya. LTE mampu memberikan kecepatan pengiriman data lebih dari 100 Mbps untuk *downlink* dan lebih dari 50 Mbps untuk *uplink* dan beroperasi dengan bandwidth antara 1,4 MHz sampai 20 MHz [5]. LTE mempunyai layanan kecepatan data yang lebih baik [6] yang mampu mengakomodasi semua perangkat berbasis IP, sehingga mendukung pertukaran data ke semua teknologi *broadband*.

Berbeda dengan teknologi komunikasi seluler sebelumnya yang menggunakan model *circuit-switch*, LTE telah didesain untuk mendukung model *packet-switch* saja sehingga seluruh jaringan pada teknologi komunikasi LTE menggunakan *Internet Protocol* (IP) sebagai dasar

pertukaran data. Di Indonesia sendiri, LTE beroperasi pada spektrum frekuensi didalam standar IMT 2000 antara lain 450 MHz, 950 MHz, 1800 MHz, 1900 MHz, 2100 MHz dan dapat juga beroperasi pada frekuensi lain seperti 700 Mhz dan 2,5 GHz [5].

Terdapat dua komponen utama yang menyusun arsitektur LTE, yaitu *core network* (CN) dan *access network*(AN). CN bertanggung jawab terhadap seluruh kendali dari *user equipment* (UE) yang terhubung pada jaringan LTE, misalnya proses pensinyalan, alokasi nomor IP dan sebagainya yang memiliki node dengan fungsi berbeda-beda, antara lain MME, S-GW, HSS, P-GW, dan PCRF [5].

MME (*Mobility Management Entity*) bertanggung-jawab terhadap pengaturan sinyal control antara UE dan CN, termasuk mengatur proses penetapan koneksi, menjaga kelangsungan koneksi pemutusan koneksi, dan kemanan data selama koneksi berlangsung.



Gambar 2 Arsitektur Jaringan LTE

Semua paket data yang berasal dari UE akan melewati S-GW (*Serving Gateway*). S-GW berfungsi sebagai jangkar mobilitas local pada saat UE berpindah antara eNodeB atau berfungsi sebagai *base station*. S-GW juga melakukan fungsi *administrative* seperti melakukan koleksi informasi yang berkaitan dengan biaya akses. Fungsi penting lain dari S-GW adalah sebagai penghubung dari LTE ke teknologi komunikasi generasi ketiga dan sebelumnya.

P-GW (*Packet Data Network Gateway*). bertanggung-jawab pada alokasi IP setiap UE, *Quality of Service* (QoS) dan biaya akses berdasarkan aliran data (*flow-based charging*), dan melakukan pembagian aliran sesuai dengan kebutuhan QoS dari masing-masing aliran data.

HSS (*Home Subscriber Server*) menyimpan data profil QoS dan batasan-batasan untuk melakukan roaming dari setiap pengguna.

PCRF (*Policy Control and Charging Rules Function*) bertanggung-jawab terhadap setiap aliran data setiap pengguna seperti didefinisikan di dalam QoS, misalnya kecepatan pertukaran data yang dibutuhkan, waktu tunda minimum proses pertukaran data dan sebagainya.

Access Network terdiri atas beberapa eNodeB dan UE. eNodeB berfungsi sebagai *base station* yang terkoneksi satu sama lain dan terkoneksi juga kesemua MME yang berada di dalam *core network*. Teknologi radio akses yang digunakan di dalam LTE menggunakan standar yang disebut *Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network*

(E-UTRAN). E-UTRAN bertanggung-jawab terhadap semua fungsi yang berkaitan dengan radio akses misalnya alokasi *bandwidth*, kompresi paket, pensinyalan dari eNodeB ke MME dan keamanan radio akses [5].

Desain teknologi LTE memisahkan proses *downlink* dan *uplink* pada dua pipa spektrum yang berbeda. Kecepatan *downlink* bisa lebih dari 100 Mbps, sementara kecepatan *uplink* lebih dari 50 Mbps. *Uplink*-nya berbasis pada teknologi SC-FDMA (*Single Carrier Frequency Division Multiple Access*), sedangkan *downlink*-nya berbasis OFDM (*Orthogonal frequency division multiplexing*), yang membuat baterai *handset* lebih tahan lama meski digunakan untuk koneksi data [6].

Sementara untuk antenna, LTE menggunakan konsep MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) yang memungkinkan antenna untuk melewatkan data berukuran besar dengan memecah datasebelum dikirim secara terpisah. LTE dirancang untuk mendukung *carrier bandwidth* yang fleksibel mulai dari 1,4 MHz sampai 20 MHz, dibanyak band spektrum untuk penyebaran FDD (*frequency division duplexing*) dan TDD (*time division duplexing*) seperti terlihat pada tabel 2.

Tabel 2 Band Frekuensi LTE⁽⁷⁾

E-UTRA Operatin g Band	Uplink (UL) operating band BS receive UE transmit	Downlink (DL) operating band BS transmit UE receive	Duplex Mode
	F _{UL, low} – F _{UL, high}	F _{DL, low} – F _{DL, high}	
1	1920–1980 MHz	2110 – 2170 MHz	FDD
2	1850–1910 MHz	1930 – 1990 MHz	FDD
3	1710–1785 MHz	1805 – 1880 MHz	FDD
4	1710–1755 MHz	2110 – 2155 MHz	FDD
5	824 – 849 MHz	869 – 894 Mhz	FDD
6 ¹	830 – 840 MHz	875 – 885 MHz	FDD
7	2500–2570 MHz	2626 – 2690 MHz	FDD
8	880 – 915 MHz	925 – 960 MHz	FDD
9	1749.9–1784.9 MHz	1844.9 – 1879.9 MHz	FDD
10	1710–1770 MHz	2110 – 2170 MHz	FDD
11	1427.9–1447.9 MHz	1475.9 – 1495.9 MHz	FDD
12	699 – 716 MHz	729 – 746 MHz	FDD
13	777 – 787 MHz	746 – 756 MHz	FDD
14	788 – 798 MHz	758 – 768 MHz	FDD
15	Reserved	Reserved	FDD
16	Reserved	Reserved	FDD
17	704 – 716 MHz	734 – 746 MHz	FDD
18	815 – 830 MHz	860 – 875 MHz	FDD
19	830 – 845 MHz	875 – 890 MHz	FDD
20	832 – 862 MHz	791 – 821 MHz	FDD
21	1447.9 – 1462 MHz	1495.9 – 1510.9 MHz	FDD
22	3410 - 3490 MHz	3510 – 3590 MHz	FDD
23	2000 – 2020 MHz	2180 – 2200 MHz	FDD
24	1626.5– 1660.5 MHz	1525 – 1559 MHz	FDD
25	1850 – 1915 MHz	1930 – 1995 MHz	FDD
26	814 – 849 MHz	895 – 894 MHz	FDD
27	807 – 824 MHz	852 – 869 MHz	FDD
28	703 – 748 MHz	758 – 803 MHz	FDD
29		717 – 728 MHz	FDD ²
30	2305 – 2315 MHz	2350 – 2360 MHz	FDD
31	452.5 – 457.5 MHz	462.5 – 467.5 MHz	FDD
32		1452 – 1496 MHz	FDD ²
33	1900 – 1920 MHz	1900 – 1920 MHz	TDD
34	2010 – 2025 MHz	2010 – 2025 MHz	TDD
35	1850 – 1910 MHz	1850 – 1910 MHz	TDD
36	1930 – 1990 MHz	1930 – 1990 MHz	TDD
37	1910 – 1930 MHz	1910 – 1930 MHz	TDD

38	2570 – 2620 MHz	2570 – 2620 MHz	TDD
39	1880 – 1920 MHz	1880 – 1920 MHz	TDD
40	2300 – 2400 MHz	2300 – 2400 MHz	TDD
41	2496 – 2690 MHz	2496 – 2690 MHz	TDD
42	3400 – 3600 MHz	3400 – 3600 MHz	TDD
43	3600 – 3800 MHz	3600 – 3800 MHz	TDD
44	703 – 803 MHz	703 – 803 MHz	TDD

NOTE 1: Band 6 is not applicable
NOTE 2: Restricted to E-UTRA operation when carrier aggregation is configured. The downlink operating band is paired with the uplink operating band (external) of the carrier aggregation configuration that is supporting the configured Pcell.

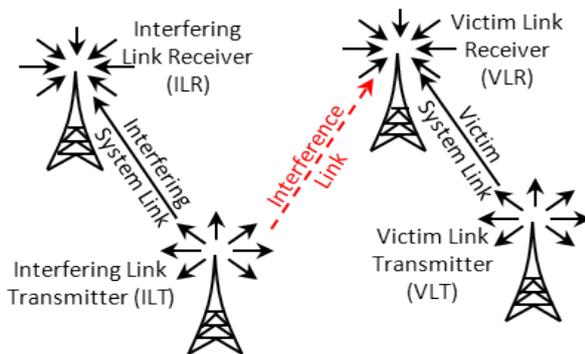
Dalam penelitian ini, operasi band yang digunakan adalah Band 12 yang memiliki rentang frekuensi UL 699 MHz – 716 MHz dan rentang frekuensi DL 729 MHz – 746 MHz, khusus untuk frekuensi DL, akan digunakan nilai ratio 737 MHz.

2.3 Interferensi

Interferensi merupakan *noise* yang timbul karena operasional dari sistem komunikasi yang lain. Interferensi akan mempengaruhi besar daya sinyal yang diterima pada suatu *receiver*. Besar kecilnya interferensi akan bergantung pada jarak antara sistem penerima dan sistem pengirim dibandingkan dengan faktor lainnya, seperti cuaca dan kondisi lingkungan [11].

Skema interferensi yang akan dibahas pada penelitian ini akan dikelompokkan menjadi 4 karakteristik, seperti terlihat pada gambar 3 yaitu :

1. *Interfering Link Transmitter (ILT)*;
2. *Interfering Link Receiver (ILR)*;
3. *Victim Link Receiver (VLR)*;
4. *Victim Link Transmitter (VLT)*;



Gambar 3. Skema Interferensi

Dari 4 karakteristik di atas, pengaruh gangguan yang akan di analisis dalam penelitian ini adalah *interference link*.

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

Interferensi co-channel dapat terjadi saat transmisi dilakukan pada frekuensi yang sama di area yang sama. Ketika ukuran masing-masing sel sama dan BTS mengirimkan kekuatan yang sama, rasio gangguan *co-*

channel dari daya yang ditransmisikan tergantung pada radius sel dan jarak antara pusat-pusat terdekat sel *co-channel*.

Interferensi yang disebabkan oleh pengaruh dari frekuensi kanal yang berdekatan, menimbulkan kerusakan atau kehilangan data. Dalam Interferensi *Adjacent Channel*, sinyal yang diharapkan dan sinyal saluran yang berdekatan mungkin sebagian dikorelasikan dengan fading [12].

dRSS merupakan kekuatan sinyal terima yang diinginkan oleh *Victim Link Transmitter (VLT)* yang dikirim oleh *access point (AP)* ke *mobile station (MS) UE* LTE [12]. Nilai dRSS dihasilkan dari perhitungan kuat sinyal terima oleh *Victim Link Receiver (VLR)* yang menjadi nilai sensitivitas dari penerima UE LTE. Nilai dRSS akan menjadi salah satu input parameter hitung pada penelitian ini. Nilai dRSS diperoleh dengan rumus 1 di bawah ini [13].

$$dRSS = f (P_{VLT}^{Supplied}, g_{VLT \rightarrow VLR} PL_{VLT \leftrightarrow VLR}, g_{VLR \rightarrow VLT}$$

$$dRSS = P_{VLT}^{Supplied} + g_{VLT \rightarrow VLR}(f_{VLR}) + PL_{VLT \leftrightarrow VLR}(f_{VLR}) + g_{VLR \rightarrow VLT}(f_{VLR}) \quad (1)$$

Dimana :

f = frekuensi yang diterima di *victim receiver* (UE LTE)
 $g_{VLT \rightarrow VLR}$ = *gain antenna wanted transmitter* dalam arah *victim receiver*

$P_{VLT}^{supplied}$ = distribusi tingkat daya maksimal yang diberikan pada antenna penerima yang diinginkan

$PL_{VLT \leftrightarrow VLR}$ = rugi-rugi jalur antara *transmitter* yang diinginkan dengan *victim receiver*

iRSS merupakan sinyal interferensi yang diterima *victim receiver* dari beberapa transmitter penginterferensi. Nilai iRSS dihasilkan dari besar nilai sinyal *unwanted* yang diterima oleh VLR dari pemancar TV Digital (ILT).

iRSS dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut [14]:

$$emission_{ILT}(f_{ILT} - f_{VLR}) = unwanted_{rel} + P_{ILT}^{output} \quad (2)$$

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

$$unwanted_{rel} = 10 \log \left\{ \frac{10}{\ln 10} \sum_i^{N-1} \frac{(P_{i+1}^{linier} - P_i^{linier})(\Delta f_{i+1} - \Delta f_i)}{P_{i+1}^{dbc} - P_i^{dbc}} \right\} \quad (3)$$

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} = *Emission mask* yang dinormalisasi (dBc/MHz)

Δf_{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*

Carrier to Interference (C/I) merupakan sebuah nilai karakteristik dari suatu teknologi yang memanfaatkan sinyal pembawa (*carrier*) dalam melakukan proses pertukaran data. Proses pertukaran data yang menggunakan jaringan nirkabel akan lebih rentan terkena interferensi karena prosesnya terjadi di lingkungan luar ruangan. Untuk mengetahui interferensi yang terjadi antara TV Digital terhadap *receiver* UE LTE, maka akan dikumpulkan data mengenai hubungan antara jarak daerah cakupan dari TV Digital terhadap nilai *C/I* dari *receiver* UE LTE. Untuk mendapatkan nilai *C/I* dapat dilakukan dengan persamaan berikut ini [13]:

$$\frac{C}{I} (dB) = 10 \log \left(\frac{10^{dRSS/10}}{10^{iRSS_{composite}/10}} \right) \quad (4)$$

Dalam penelitian ini, karakteristik *C/I* yang digunakan pada *receiver* UE LTE (*Handset*) sebesar 10 dB. Nilai karakteristik tersebut nantinya akan menjadi pembanding dengan *C/I* dari hasil simulasi.

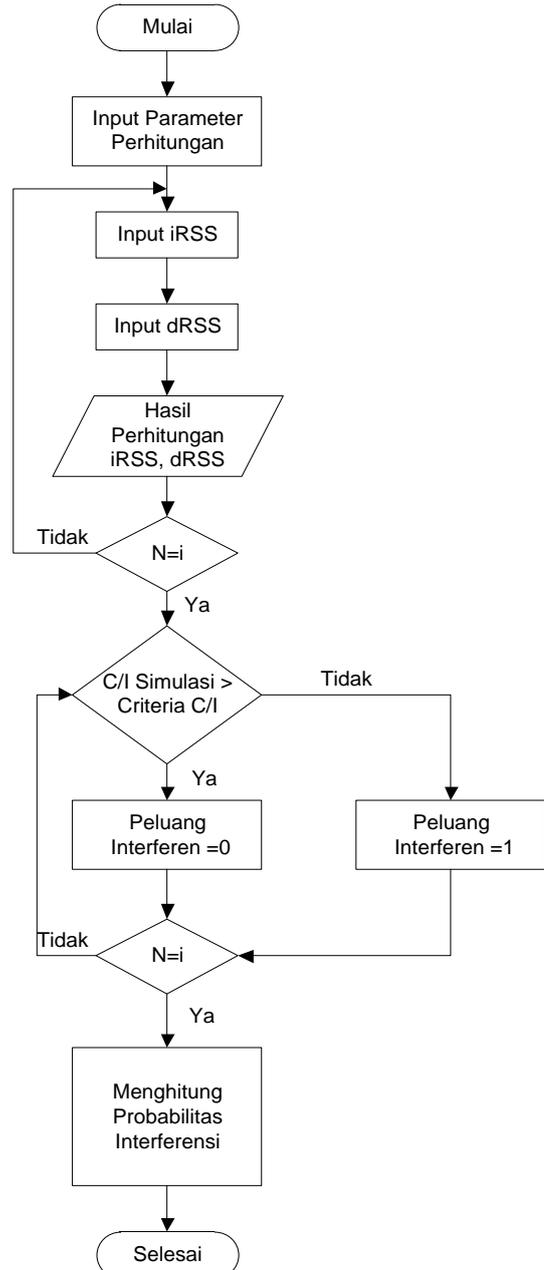
Interference Calculation Engine (ICE) akan melakukan perhitungan interferensi berdasarkan data *dRSS* dan *iRSS* yang diperoleh [13]. Probabilitas terjadinya interferensi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$P_D = P \left(\frac{dRSS}{iRSS_{composite}} > \frac{C}{I} \mid dRSS > sens_{vr} \right) \quad (5)$$

Dimana $iRSS_{composite}$ merupakan jumlah dari semua sinyal yang menginterferensi *receiver* LTE dan $sens_{vr}$ merupakan nilai sensitivitas dari *receiver* LTE. rancangan penelitian

Analisis interferensi yang terjadi antara TV Digital dengan LTE dimulai dengan menetapkan skenario yang akan digunakan dalam penelitian, yaitu melihat sisi *downlink transmitter* TV Digital yang menginterferensi *receiver* dari UE LTE. *Local Environment* dari *receiver* tersebut berada pada posisi *outdoor* 80% dan *indoor* 20%. Analisis difokuskan pada karakteristik *Carrier to Interference (C/I)* yang dimiliki oleh *receiver* UE LTE.

Model skenario pada penelitian ini akan disimulasikan menggunakan *Spectrum Engineering Monte-Carlo Analysis Tools (SEAMCAT)* untuk menilai probabilitas sistem radio komunikasi. Tahapan pada skenario pemodelan, dapat dilihat pada alur penelitian di bawah ini.



Gambar 4. Alur Penelitian

Berdasarkan gambar 4 diatas, penelitian dimulai dengan menginput nilai parameter yang dimiliki oleh TV Digital dan UE LTE. Setelah menginput kedua parameter, tahap selanjutnya adalah menghitung nilai *dRSS* dan *iRSS*. Setelah semua nilai diperoleh, kemudian dilanjutkan pada proses *Interference Calculation Engine (ICE)*.

Proses pada ICE akan menghitung nilai perbandingan antara *C/I* simulasi dengan kriteria *C/I* yang dimiliki oleh UE LTE. Dari hasil perbandingan tersebut, akan dikondisikan menjadi dua hasil peluang interferensi. Jika nilai *C/I* simulasi > kriteria *C/I*, maka proses perhitungan akan dilanjutkan ke probabilitas interferensi hingga selesai, sedangkan jika nilai *C/I* simulasi < kriteria *C/I*, maka proses simulasi akan dilanjutkan sesuai dengan banyak data yang diinginkan.

Dalam penelitian ini, proses perhitungan dRSS dan iRSS akan dilakukan sebanyak satu perhitungan manual dengan menggunakan rumus-rumus yang ada pada Dasar Teori. Sedangkan keseluruhan proses perhitungan pada penelitian ini, menggunakan perangkat software (SEAMCAT). Arsitektur SEAMCAT terdiri dari 4 tahapan proses, yaitu (14):

1. *Event Generation Engine*;
2. *Distribution Evaluation Engine*;
3. *Interference Calculation Engine*;
4. *Limits Evaluation Engine*;

Event Generation Engine (EGE) mengambil input skenario interferensi yang dibuat dan melakukan proses perhitungan *desired Receiver Signal Strength* (dRSS) *victim receiver* (UE LTE). Perhitungan *interfering Receiver Signal Strength* (iRSS) yang dihasilkan TV Digital juga dilakukan pada bagian ini, dimana proses dilakukan sebanyak N kali sehingga hasilnya akan memberikan nilai statistik yang memadai. Kemudian data *array* yang dihasilkan oleh EGE diuji oleh *Distribution Evaluation Engine* (DEE) secara statistik untuk mengetahui apakah data tersebut memiliki korelasi yang baik. Dan diakhir proses, data *array* tersebut dijadikan masukan bagi perhitungan probabilitas interferensi pada proses *Interference Calculation Engine* (ICE) [14].

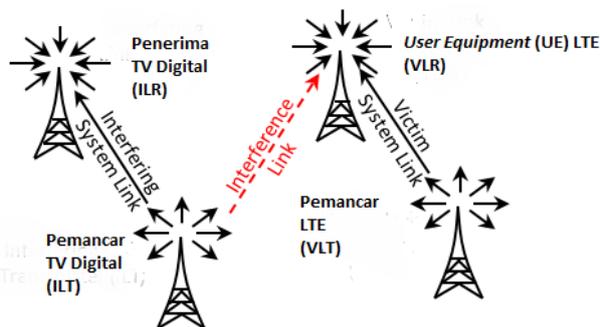
SEAMCAT mempunyai dua parameter yang penting dalam simulasi, yaitu :

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*). *Interfering link* ini sama seperti *victim link* berupa ruang atau area yang digunakan untuk simulasi.



Gambar 5. Skema Victim Link dan Interfering Link

Dari gambar 5 terlihat ada 4 karakteristik dalam skenario penelitian ini, yaitu *Interfering Link Receiver* (ILR), *Interfering Link Transmitter* (ILT), *Victim Link Receiver* (VLR) dan *Victim Link Transmitter* (VLT) (13). ILR akan dimodelkan sebagai penerima dari TV Digital, kemudian ILT merupakan pemancar dari TV Digital. Untuk VLR akan dimodelkan sebagai pengguna dari jaringan LTE

(UE LTE) yang terganggu oleh pemancar TV Digital (ILT). Dan terakhir VLT merupakan pemancar jaringan LTE yang ada pada Base Station (BS).

3 Parameter Hitung

Pada table 3 akan memperlihatkan parameter dari pengguna LTE yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 3 . Parameter receiver UE LTE(1)

Antenna Height	1,5 m
Operation Frequency	737 MHz (band 12)
Receive Power	23 dB
Sensitivity	-98 dBm
Reception Bandwidth	200 kHz
Interference Criteria (C/I)	10 dB
Local Environment	80% indoor, 20% outdoor (wallLoss = 5 dB; stdDev=10)

Selain dari sisi pengguna, dalam penelitian ini juga akan melibatkan pemancar sinyal LTE yang akan menjadi *Victim Link Transmitter* (VLT). VLT ini akan memancarkan sinyal yang diinginkan dari penerima LTE. Pemancar LTE harus memiliki parameter yang standar agar dapat difungsikan di Indonesia [1] dapat dilihat pada Tabel berikut ini.

Tabel 4. Parameter Pemancar LTE⁽¹⁾

Frekuensi Kerja	800 MHz – 2300 MHz
Uplink	824 MHz – 2400 MHz
Downlink	869 MHz – 2400 MHz
Output Power :	Tidak ada batas
Wide Area Base Station (BS)	≤ + 38 dBm
Medium Range (BS)	≤ + 24 dBm (untuk 1 transmit antenna port)
Local Area (BS)	≤ + 21 dBm (untuk 2 transmit antenna port)
	≤ + 18 dBm (untuk 4 transmit antenna port)
Home (BS)	≤ + 20 dBm (untuk 1 transmit antenna port)
	≤ + 17 dBm (untuk 2 transmit antenna port)
	≤ + 14 dBm (untuk 4 transmit antenna port)
Power Dynamic Range (band)	
1.4	7.7 dB
3	11.7 dB
5	13.9 dB
10	16.9 dB
15	18.7 dB
20	20 dB

Selanjutnya parameter hitung sinyal pengganggu dalam penelitian ini adalah pemancar TV Digital. Pada Tabel akan memperlihatkan parameter dari pemancar TV Digital.

Tabel 5. Parameter pemancar TV Digital⁽¹⁵⁾

Parameter	Nilai
Antenna Height	300 m
Antenna Peak Gain	28 dBi
Power Transmit	33 dBm
Local Environment	100% outdoor

Setelah ketiga parameter tersebut ditentukan, maka langkah selanjutnya adalah menentukan parameter skenario yang akan digunakan. Parameter skenario dalam penelitian ini, dapat dilihat pada Tabel 6

Tabel 6. Parameter Skenario

Mode	Corr (victim link → ILTx)
Position Relative to	Victim Link Receiver
Range between VLR & ILT	3 km, 3.25 km, 3.75 km dan 4 km
Minimum Coupling	1,5 dB
Propagation Model	Extended Hata
General Environment	Urban
Propagation Environment	Above Roof
Loss between adjacent floor	18.3 dB
Empirical Parameters	0.46
Size of the room	4 m
Height of each floor	3 m

3.1 Data array dRSS

Untuk mencari nilai dRSS, bisa dilakukan dengan menggunakan rumus 1.

Perhitungan propagasi loss $PL_{VLT \leftrightarrow VLR}$ dalam implementasi model Extended Hata pada SEAMCAT antara transmitter dan receiver sebagai berikut [13]:

$$f_{propage}(f, h_1, h_2, d, env) = L + T(G(\sigma)) \quad (8)$$

Dimana :

$$f = 737 \text{ MHz}$$

$$h_1 = 300 \text{ m}$$

$$h_2 = 1.5 \text{ m}$$

$$d = 2.7 \text{ km}$$

$$env = 18.3 \text{ dB}$$

$$\sigma = 9^{(13)}$$

$$L = \text{Median path loss (dB)}$$

Nilai L sudah menjadi konstanta pada perhitungan propagasi Extended Hata dengan menggunakan Rumus sebagai berikut.

$$L = 69.9 + 26.2 \log(737) - 13.82 \log(\max\{30, Hb\}) + [44.9 - 6.55 \log(\max\{30, Hb\})](\log(d)) - a(Hm) - b(Hb) \quad (9)$$

Dimana :

$$a(Hm) = (1.1 \log(737) - (-0.7 \times \left(\frac{1.5}{10}\right) - (1.56 \log(737) - 0.8) + \left(0.20 \log\left(\frac{1.5}{10}\right)\right)) \quad (10)$$

$$a(Hm) = (3.15 - (0.105 - 4.47 - 0.8) + (-0.164))$$

$$a(Hm) = 8.361$$

$$b(Hb) = \min\left(0.20 \log\left(\frac{300}{30}\right)\right)$$

$$b(Hb) = -(-0.20) = 0.20$$

Dikarenakan nilai $b(Hb)$ yang terlalu kecil, maka akan digunakan nilai tinggi antena pemancar TV Digital yaitu

300 m [13]. Kemudian sisipkan nilai $a(Hm)$ dan $b(Hb)$ ke dalam Rumus L

$$L = (145.02 - 31.82) + (29.83 - 8.361 - 300)$$

$$L = (113.2 - 278.5) = -165.3$$

Selanjutnya sisipkan nilai L kedalam Rumus

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

$$f_{propage} = -165.3 + 9 = -156.3$$

Setelah semua nilai diketahui, sisipkan kembali kedalam Rumus dRSS

$$dRSS = 23 + 15 - 156.3 + 15 = -103.3 \text{ dBm}$$

Nilai dRSS dapat langsung diketahui pada SEAMCAT setelah menginput semua parameter yang dibutuhkan. Nilai tersebut akan diperoleh melalui skenario perubahan jarak antara transmitter LTE terhadap UE LTE. Jarak yang diskenariokan pada penelitian ini dibagi menjadi dua kondisi yaitu jarak terdekat dan jarak terjauh dari VLT-VLR. Jarak terjauh akan ditentukan dengan hasil dRSS yang diperoleh, untuk dibandingkan dengan nilai sensitivitas *downlink* perangkat LTE yaitu sebesar -98 dBm [3]. Sedangkan untuk kondisi jarak terdekat, akan dilihat dari hasil dRSS yang paling kuat.

Proses pencarian data array dRSS dilakukan yang merupakan koneksi langsung antara pemancar LTE dengan penerima UE LTE. Sehingga data yang akan dicari berdasarkan kondisi jarak tersebut dapat dilihat pada tabel 7 (jarak terjauh dan jarak terdekat).

Tabel 7. Data array dRSS (jarak terjauh dan terdekat)

VLT → VLR (km) terjauh	VLT → VLR (km) terdekat
2.7 km	1.5 km
2.5 km	1.0 km
2.3 km	0.5 km
2.1 km	0.4 km
2.0 km	0.3 km

3.2 Data array iRSS

iRSS merupakan sinyal interferensi yang diterima *victim receiver* dari beberapa *transmitter* penginterferensi. Dalam penelitian ini, nilai iRSS didapat dari transmitter TV Digital yang menginterferensi receiver LTE. Seperti halnya dRSS, nilai iRSS juga akan diskenariokan berdasarkan jarak yang sama dengan parameter hitung dari dRSS.

Dalam perhitungan SEAMCAT, terdapat dua data iRSS yaitu $iRSS_{unwanted}$ dan $iRSS_{blocking}$, nilai keduanya akan digabung menjadi $iRSS_{composite}$ yang akan menjadi input pada diagram alir ICE untuk mencari nilai probabilitas interferensi. Perhitungan iRSS secara manual, dapat menggunakan Rumus 2 dan Rumus 3. Setelah semua nilai diketahui, sisipkan kedalam rumus

$$unwanted_{rel} = 10 \log \left\{ \frac{10}{\ln 10} \sum_i^{N-1} \frac{(P_{i+1}^{linier} - P_i^{linier})(\Delta f_{i+1} - \Delta f_i)}{P_{i+1}^{abc} - P_i^{abc}} \right\}$$

$$unwanted_{rel} = 10 \log\left\{4.34 \frac{(3-2)(100 - (-100))}{-32.8 - 69}\right\}$$

$$unwanted_{rel} = 10 \log\left\{4.34 \frac{200000}{-101.8}\right\} = 39$$

Kemudian sisipkan kedalam rumus

$$emission_{ILT}(f_{ILT} - f_{VLR}) = -(39 + 69) = -108 \text{ dBm}$$

Untuk memenuhi banyak data yang diinginkan, keseluruhan nilai iRSS akan dicari dengan menggunakan software bantu SEAMCAT.

3.3 Probabilitas Interferensi

Menghitung probabilitas interferensi adalah tahap akhir dari penelitian ini, dengan melihat nilai persentase yang dihasilkan oleh SEAMCAT untuk probabilitas interferensi, penelitian ini dapat menghasilkan kesimpulan berapa besar peluang interferensi yang terjadi antara TV Digital dengan LTE pada frekuensi 700 MHz.

Berdasarkan nilai dRSS dan iRSS_{composite}, maka probabilitas interferensi dapat ditentukan juga melalui rumus 5 diatas. Melalui rumus tersebut nilai dRSS dan iRSS_{composite} akan dibandingkan dengan nilai C/I yang dimiliki oleh Handset (receiver LTE), dan nilai mutlak dRSS harus lebih besar dari nilai sensitivity receiver LTE yaitu sebesar -98.0 dBm.

Nilai sensitivity tersebut akan menjadi tolak ukur dari probabilitas interferensi, jika nilai C/I Simulasi > C/I Kriteria, maka peluang interferensi akan dikatakan 0 dan jika sebaliknya maka peluang interferensi akan dinyatakan 1. Setelah melakukan simulasi dengan semua data parameter hitung yang ada, didapatkan hasil dRSS dan iRSS.

3.4 Hasil dRSS

Hasil dRSS yang diperoleh, dapat dilihat pada Tabel 8

Tabel 8. Nilai dRSS pada jarak terjauh

VLT → VLR (km)	dRSS (dBm)
2.7 km	-97.78
2.5 km	-96.21
2.3 km	-94.52
2.1 km	-93.83
2.0 km	-93.09

Berdasarkan Tabel 8, perubahan nilai dRSS dipengaruhi oleh jarak antara VLT dengan VLRnya, semakin jauh jarak antara keduanya maka nilai dRSS akan semakin kecil, sedangkan jika jarak antara kedua semakin dekat, maka nilai dRSS akan semakin besar.

Kemudian untuk kondisi jarak terdekat akan ditentukan melalui nilai dRSS paling kuat yang dihasilkan dari VLT-VLR. Berdasarkan hasil perhitungan simulasi menunjukkan nilai dRSS yang paling besar adalah -75.00 dBm, pada jarak 0.5 km. Sehingga pada kondisi jarak terdekat ini rentang jarak akan dimulai dari 1.5 km, 1.0 km,

0.5 km, 0.4 km dan 0.3 km. Keseluruhan nilai dRSS yang diperoleh dari kondisi jarak terdekat dapat dilihat pada tabel 9 di bawah ini.

Tabel 9 Nilai dRSS pada jarak terdekat

VLT → VLR (km)	dRSS (dBm)
1.5 km	-88.72
1.0 km	-83.10
0.5 km	-75.00
0.4 km	-75.00
0.3 km	-75.00

Berdasarkan Tabel 9, kondisi jarak yang lebih dekat dari 0.5 km menghasilkan pola yang sama pada grafik, kemudian akan terjadi penurunan nilai dRSS seiring jarak yang semakin jauh antar VLT-VLR sampai 1.5 km.

Nilai iRSS yang diperoleh, berubah sesuai dengan perubahan jarak antara ILT-VLR. Berdasarkan kondisi nilai dRSS, nilai iRSS juga akan disimulasikan pada jarak VLT-VLR terdekat dan terjauh, dengan ini berarti akan ada dua kondisi nilai iRSS yang dihasilkan.

Kondisi jarak terjauh dari ILT-VLR adalah 1.1 km dengan nilai iRSS sebesar -108.69 dBm. Penentuan jarak sejauh 1.1 km tersebut, didasarkan oleh selisih dari nilai dRSS pada jarak terjauh (-97.78 dBm) dengan nilai iRSS pada kondisi jarak yang sama (-108.69 dBm) untuk memperoleh nilai C/I simulasi. Sehingga kondisi jarak terjauh ini dimulai dari 0.7 km, 0.8 km, 0.9 km, 1.0 km dan 1.1 km.

Keseluruhan hasil iRSS pada kondisi jarak terjauh ini dapat dilihat pada tabel 10.

Tabel 10 Nilai iRSS terhadap VLT-VLR jarak terjauh

ILT-VLR (km) \ VLT-VLR (km)	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1
	iRSS (dBm)				
2.7	-101.99	-103.86	-106.24	-107.58	-108.69
2.5	-101.98	-104.00	-105.69	-107.61	-108.88
2.3	-101.85	-104.18	-105.75	-107.33	-109.04
2.1	-101.99	-103.96	-105.77	-107.47	-108.90
2.0	-101.80	-104.08	-106.01	-107.46	-109.01

Berdasarkan tabel 10 dapat terlihat pola penurunan nilai iRSS yang terjadi antara TV Digital dengan UE LTE jika jarak antara keduanya semakin jauh.

Pada tahap selanjutnya, akan dicari jarak yang paling dekat antara ILT-VLR, dengan kondisi jarak VLT-VLR 0.5 km. Acuan yang digunakan untuk mencari jarak ILT-VLR yang terdekat adalah kriteria C/I, yang nilainya harus lebih besar atau sama dengan 10 dB. Didapatkan batas jarak terdekat dari ILT-VLR adalah 0.24 km, karena pada jarak tersebut, menghasilkan nilai selisih antara dRSS dengan iRSS sebesar 10.82 dB, lebih dari batas nilai kriteria C/I. Sehingga kondisi jarak terdekat ILT-VLR akan dimulai dari rentang jarak 0.21 km, 0.22 km, 0.23 km, 0.24 km dan 0.25 km. Keseluruhan hasil iRSS pada kondisi jarak terdekat ini dapat dilihat pada tabel 11.

Tabel 11 Nilai iRSS terhadap VLT-VLR jarak terdekat

ILT-VLR (km) VLT-VLR (km)	0.21	0.22	0.23	0.24	0.25
	iRSS (dBm)				
1.5	-83.56	-84.38	-84.87	-85.68	-86.04
1.0	-83.78	-84.20	-85.25	-85.66	-86.28
0.5	-83.47	-84.36	-84.82	-85.82	-86.27
0.4	-83.67	-84.29	-84.81	-85.66	-86.16
0.3	-83.55	-84.10	-84.95	-85.60	-86.08

3.5 Hasil Perhitungan C/I

Nilai C/I sangat dipengaruhi oleh nilai dRSS dan iRSS menggunakan Rumus 4. Sebagai contoh menghitung nilai C/I:

Diketahui:

$$dRSS = -92.31 \text{ dB}$$

$$iRSS = -101.86 \text{ dB}$$

$$\begin{aligned} C/I &= dRSS - iRSS \\ &= -92.31 - (-101.86) \\ &= 9.55 \text{ dB} \end{aligned}$$

Hasil yang didapatkan nilai C/I pada kondisi jarak terjauh adalah sebesar 10.91 dB. Nilai ini sudah bisa dikatakan aman dari interferensi, karena sudah melebihi nilai kriteria C/I 10 dB. Ini berarti kondisi pengguna LTE yang berada pada jarak dibawah 1.1 km, sudah mendapatkan interferensi dari pemancar TV Digital. Keseluruhan nilai C/I yang dihasilkan pada simulasi ini dapat dilihat pada tabel 12.

Tabel 12 Hasil C/I (jarak terjauh)

ILT-VLR (km) VLT-VLR (km)	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1
	C/I (dB)				
2.7	4.21	6.08	8.46	9.80	10.91
2.5	5.77	7.79	9.48	11.40	12.67
2.3	7.33	9.66	11.23	12.81	14.52
2.1	8.16	10.13	12.18	13.64	15.07
2.0	8.71	10.99	12.88	14.37	15.92

Berdasarkan tabel 12 dapat dilihat pola kenaikan nilai C/I dipengaruhi oleh kondisi jarak antara ILT-VLR yang semakin jauh. Sedangkan batas kriteria C/I UE LTE ditunjukkan dengan garis merah pada nilai 10 dB.

Untuk hasil C/I pada kondisi jarak terdekat diperoleh sebesar 10.82 dB dengan jarak ILT-VLR 0.24 km dan jarak VLT-VLR 0.5 km. Berarti untuk jarak yang lebih dekat dari itu, pengguna LTE akan terinterferensi oleh pemancar TV Digital. Keseluruhan hasil C/I pada kondisi jarak terdekat dapat dilihat pada tabel 13.

Tabel 13 Hasil C/I jarak terdekat

ILT-VLR (km) VLT-VLR (km)	0.21	0.22	0.23	0.24	0.25
	C/I (dB)				
1.5	-5.16	-4.34	-3.85	-3.04	-2.68
1.0	0.68	1.00	2.15	2.56	3.18

0.5	8.47	9.36	9.82	10.82	11.27
0.4	8.67	9.29	9.81	10.66	11.16
0.3	8.55	9.10	9.95	10.80	11.08

Hasil probabilitas interferensi merupakan persentase yang menunjukkan nilai besar interferensi yang didapatkan oleh UE LTE. Nilai probabilitas interferensi pada kondisi jarak terjauh dapat dilihat pada tabel 14.

Tabel 14 Nilai Probabilitas Interferensi jarak terjauh

ILT-VLR (km) VLT-VLR (km)	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1
	Prob. Interferensi (%)				
2.7	68.51	63.22	55.80	51.86	48.23
2.5	63.92	58.24	52.40	46.49	42.38
2.3	59.31	52.39	47.62	42.65	37.40
2.1	56.86	51.21	42.41	39.53	35.14
2.0	54.94	48.36	44.04	37.11	32.51

Berdasarkan tabel 14 nilai probabilitas interferensi paling besar adalah 68.51 % sedangkan yang paling kecil adalah 32.51 %. Ini terjadi karena kondisi jarak antara ILT-VLR yang semakin jauh, menyebabkan probabilitas interferensi yang semakin kecil. Untuk kondisi pada jarak terjauh ini, nilai probabilitas yang dihasilkan adalah sebesar 48.23 %, dimana nilai tersebut berdasarkan C/I yang didapatkan pada Tabel sebelumnya.

Untuk nilai probabilitas interferensi pada jarak terdekat, dapat dilihat pada tabel 15.

Tabel 15 Nilai Probabilitas Interferensi jarak terdekat

ILT-VLR (km) VLT-VLR (km)	0.21	0.22	0.23	0.24	0.25
	Prob. Interferensi (%)				
1.5	85.08	84.74	84.07	81.85	81.72
1.0	74.40	73.82	70.83	69.99	69.68
0.5	54.77	52.31	50.90	47.92	47.30
0.4	54.99	52.54	51.55	48.77	48.09
0.3	54.93	52.56	51.13	48.98	47.99

Berdasarkan tabel 15 didapatkan nilai probabilitas paling besar adalah 85.08 % dan yang paling kecil adalah 47.99 %. Berdasarkan hasil simulasi, nilai probabilitas interferensi yang sesuai dengan C/I pada pada tabel 15 didapatkan sebesar 47.92 %. Dengan jarak ILT-VLR 0.24 km dan jarak VLT-VLR 0.5 km.

4 Simpulan dan Saran

4.1. Simpulan.

Dari hasil simulasi dan analisis serta perhitungan yang sudah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Jarak terjauh antara transmiter dan penerima LTE dari hasil simulasi adalah 2.7 km dengan nilai sensitivitas - 97.78 dBm
2. Hasil C/I yang didapatkan pada jarak terjauh adalah 10.91 dB, Sedangkan pada jarak terdekat sebesar 10.82 dB.

3. Nilai probabilitas interferensi yang didapatkan pada jarak terjauh adalah sebesar 48.23 %, sedangkan pada jarak terdekat sebesar 47.92%.
4. Jarak terjauh antara VLT-VLR adalah 2.7 km dengan jarak pengganggu terjauh adalah 1.1 km.
5. Jarak pengganggu terdekat adalah 0.24 km dengan syarat jarak antara VLT-VLR kurang dari 0.5 km.

4. 2. Saran

Dalam penelitian ini, ada beberapa hal yang menjadi saran, diantaranya :

1. Data yang ada pada penelitian ini bisa disebarluaskan agar dapat dikembangkan oleh akademisi lainnya.
2. Hasil dari penelitian ini bisa menjadi salah satu acuan bagi pemerintah dalam menerapkan kebijakan alokasi frekuensi untuk LTE di Indonesia.
3. Pada penelitian selanjutnya, bisa dilakukan pengukuran secara langsung sehingga didapatkan hasil yang real dari interferensi TV Digital terhadap UE LTE.

Kepustakaan

- [1] Rudiantara.kominfo.go.id. [Online] 4 Februari 2015. [Dikutip: 25 September 2016.] <https://web.kominfo.go.id>
- [2] Analisis Pengalokasian Frekuensi Teknologi Long Term Evolution (LTE) Di Indonesia. Aryanta, Dwi. Bandung : Institut Teknologi Nasional Bandung, 2012, Vol. III. ISSN
- [3] Reframing Of Frequency 700 MHz Analysis for Long Term Evolution (LTE) in Indonesian Using Link Budget Calculation. Kusuma, Denny, et al., et al. Bandung : International Conference on Electrical Engineering and Informatics, 2011, Vol. I. ISSN
- [4] Interference Analysisbetween Digital Television and LTE System under Adjacent Channels in 700 MHz Band. Mathe, Dercio, et al., et al. Belem : International Conference on Emerging of Networking, 2014, Vol. I
- [5] Jusak.Teknologi Komunikasi Data Modern. Surabaya : ANDI Yogyakarta, 2012
- [6] Mengenal Teknologi Long Term Evolution (LTE). Usman, Uke Kurniawan. Bandung : Institut Teknologi Bandung, 2015, Vol. I. ISSN
- [7] IEEE. www.ieee.co.id. [Online] [Dikutip: 17 November 2016
- [8] Rancang Bangun SOfware Sistem Monitoring TV Digital DVB-T2. .P, Galih Arindra, Endroyono dan Kusrahardjo, Gatot. Surabaya : Institut Teknik Sepuluh Nopember, 2015, Vol. I. ISSN: 2337-2539
- [9] Muis, Saludin.TV DIGITAL Teori & Sistem. Yogyakarta : Graha Ilmu, 2013. ISSN
- [10] Analisis Jaringan LTE pada Frekuensi 700 MHz dan 1800 MHz Area Kabupaten Bekasi dengan Pendekatan Tekno Ekonomi. Salamah, Ketty Siti. Jakarta : Universitas Mercu Buana, 2016, Vol. I. ISSN
- [11] Solusi Menekan Interferensi Co-Channel dan Adjacent Channel pada Sistem Seluler WCDMA Multi Operator. Pratama, Wahyu, Endroyono dan Suwadi. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2014, Vol. I.
- [12] Nofriando, Enggo.ANALISA INTERFERENSI LONG TERM EVOLUTION TERHADAP WIFI PADA FREKUENSI UNLICENSED. Jakarta : Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA, 2015
- [13] ECO SEAMCAT. seamcat.org. tractool.seamcat.org. [Online] 6 August 2015. [Dikutip: 4 May 2016.] <http://tractool.seamcat.org>.
- [14] Cahyasiwi, Dwi Astuti.Analisis Interferensi Agregat UWB Terhadap WLAN 802.11a. Depok : Universitas Indonesia, 2009
- [15] Ikah, Ir. Jakarta : TVRI, 20 November 2016.