

Analisis interferensi T-DAB dan TV Analog pada pita *Very High Frequency* (VHF)

Interference Analysis of T-DAB and Analog Television on VHF Band

Kasmad Ariansyah

Puslitbang Sumber Daya dan Perangkat Pos dan Informatika
Jl. Medan Merdeka Barat No.9 Jakarta 10110

kasmad.ariansyah@kominfo.go.id

Naskah diterima: 1 Juli 2014; Direvisi: 1 September 2014; Disetujui: 15 September 2014

Abstract— The presence of digital technology has brought changes in many aspects of life, not least in the field of broadcasting. Digitalisation in the field of broadcasting is known to provide a major benefit in terms of radio frequency efficiency. In relation radio broadcasting, the Minister of Communications and Information Technology has set DAB family as the standard of digital radio broadcasting in Indonesia. This study was conducted to obtain the geographical separation between the T-DAB system and analog TV as the solution to interference. The analysis was performed with the help of SEAMCAT. Based on the analysis, it has been concluded that the T-DAB channel A is the most susceptible channel to interference; To achieve maximum interference probability 5%, minimal geographical separation between the outermost coverage of analog TV channel N and the nearest/outer transmitter on T-DAB SFN networks for channel (N-1)D, NA, NB, NC are 220 Km, 290 Km, 145 Km and 40 Km respectively. As for the channel ND and (N + 1) A can be used without geographical separation with analog TV.

Keywords— Interference, Very High Frequency, Digital Audio Broadcasting, Analogue Television

Abstrak— Kehadiran teknologi digital telah membawa perubahan di dalam berbagai aspek kehidupan, tak terkecuali di dunia penyiaran. Digitalisasi dibidang penyiaran diyakini dapat memberikan manfaat dalam hal efisiensi spektrum frekuensi radio. Berkaitan dengan penyiaran radio, Menteri Komunikasi dan Informatika telah menetapkan DAB *family* sebagai standar penyiaran radio digital di Indonesia. Kajian dilakukan untuk mendapatkan jarak minimum yang diperlukan antara sistem T-DAB dan TV analog sebagai solusi terhadap kemungkinan interferensi. Analisis dilakukan dengan bantuan SEAMCAT. Berdasarkan hasil analisis disimpulkan bahwa kanal A T-DAB merupakan kanal yang paling rentan terhadap interferensi; Untuk mencapai probabilitas interferensi maksimum 5%, separasi geografis minimum antara cakupan terluar TV analog kanal n dan *transmitter* terluar pada jaringan SFN T-DAB untuk kanal (n-1)D, nA, nB, nC berturut-turut adalah 220 Km, 290 Km, 145 Km

dan 40 Km. Sedangkan untuk kanal nD dan (n+1)A dapat dioperasikan tanpa separasi geografis dengan TV analog.

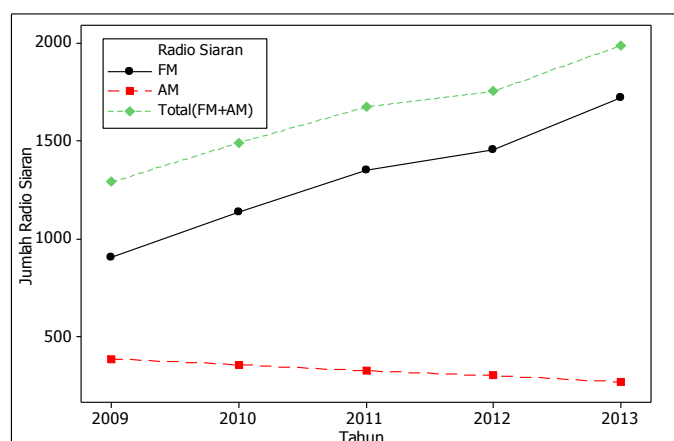
Kata Kunci— Interferensi, VHF, Penyiaran audio digital, Televisi analog

I. PENDAHULUAN

UU No.32 Tahun 2002 tentang penyiaran mendefinisikan penyiaran sebagai kegiatan pemancarluasan siaran melalui sarana pemancaran dan/atau sarana transmisi di darat, di laut atau di antariksa dengan menggunakan spektrum frekuensi radio melalui udara, kabel, dan/atau media lainnya untuk dapat diterima secara serentak dan bersamaan oleh masyarakat dengan perangkat penerima siaran. Sebagai salah satu media komunikasi, frekuensi radio merupakan sumber daya alam yang terbatas, yang memiliki nilai strategis dalam penyelenggaraan telekomunikasi dan juga memiliki nilai ekonomis yang tinggi. Oleh karena itu, pemanfaatannya perlu dilakukan secara tertib, efisien dan harus patuh terhadap hukum nasional dan internasional, sehingga diharapkan dapat memberikan manfaat yang optimal serta tidak menimbulkan gangguan yang merugikan, mengingat sifat frekuensi yang dapat merambat ke segala arah tanpa mengenal batas teritorial.

Berbagai upaya untuk mendapatkan tingkat efisiensi pemanfaatan frekuensi yang lebih baik telah banyak dilakukan, salah satunya dengan digitalisasi, yaitu suatu transformasi dari sistem analog ke digital. Selain terjadi penghematan frekuensi, digitalisasi juga menawarkan kualitas layanan yang lebih baik dan jenis layanan yang lebih bervariasi. Sebagai contoh proses digitalisasi dalam sistem telekomunikasi di Indonesia adalah diperkenalkannya sistem *Global System for Mobile Communications* (GSM) menggantikan *Advance Mobile Phone System* (AMPS) dengan digelarnya *pilot project*

pengembangan teknologi generasi kedua (2G) oleh PT. Telkom Indonesia di Batam dan Bintan. Digitalisasi di Indonesia juga terjadi pada layanan penyiaran, saat ini Indonesia memasuki masa transisi transformasi analog ke digital untuk penyiaran televisi tidak berbayar (*free to air*). Walaupun sempat terkendala dengan adanya Putusan Mahkamah Agung No. 38 P/HUM/2012 tanggal 3 april 2012 yang disampaikan pada 26 september 2013 yang memerintahkan pencabutan Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika No. 22/PER/M.KOMINFO/11/2011 tentang Penyelenggaraan Penyiaran Televisi Digital Terrestrial Penerimaan Tetap Tidak Berbayar (*free to air*) yang berimplikasi kepada tidak adanya *Analog Switch Off* (ASO). Akan tetapi, digitalisasi merupakan keniscayaan yang tidak bisa kita hindari. Begitu juga dengan penyiaran radio. Banyaknya permohonan baru untuk menjadi penyelenggara layanan siaran radio FM ditambah dengan ketidakefisienan frekuensi dan infrastruktur radio analog merupakan faktor pendorong digitalisasi penyiaran audio. Perbedaan yang cukup mencolok antara digitalisasi penyiaran televisi dan radio adalah pengalokasian pita frekuensi yang berbeda antara penyiaran audio analog dan digital, sementara pada penyiaran televisi, sistem analog dan digital menggunakan pita frekuensi yang sama. Sehingga, penyiaran radio digital tidak akan mengganggu penyiaran radio analog.



Gambar 1. Jumlah radio siaran tahun 2009-2013
(Data statistik Ditjen SDPPI 2009-2013)

Saat ini, terdapat beberapa standard radio digital yang digunakan di dunia. DAB (*Digital Audio Broadcasting*), DAB+ dan DRM (*Digital Radio Mondiale*) merupakan standard radio digital yang berasal dari Eropa, IBOC (*In Band On Channel*) dari Amerika serikat dan ISDB-TSB (*Integrated Services Digital Broadcasting-Terrestrial Sound Broadcasting*) yang merupakan standard radio digital yang berasal dari Jepang. Untuk Indonesia sendiri, mengacu pada Peraturan Menteri Nomor 21/PER/M.KOMINFO/4/2009 Tentang Standar Penyiaran Digital Untuk Penyiaran Radio pada pita *Very High Frequency* (VHF) di Indonesia, bahwa standar penyiaran digital untuk penyiaran radio pada pita VHF di Indonesia adalah *Digital Audio Broadcasting* (DAB) family.

Dalam rangka mempersiapkan implementasi siaran radio digital, perlu dilakukan persiapan-persiapan berkaitan dengan penyusunan standard perangkat penyiaran radio digital dan model bisnis pelaksanaan sistem penyiaran radio digital. Hal yang tak kalah penting adalah pemetaan kanal frekuensi, karena pita frekuensi pada rentang 174-230 MHz yang direncanakan sebagai pita frekuensi untuk penggelaran layanan penyiaran radio digital saat ini masih diduduki oleh TV analog. Sehingga bila penyiaran radio digital digelar pada saat TV analog masih beroperasi, kemungkinan terjadinya interferensi sangat besar. Interferensi terjadi karena pemakaian kanal frekuensi yang sama atau berdekatan oleh dua atau lebih layanan secara simultan pada lokasi geografis yang sama atau berdekatan atau dengan cakupan layanan yang beririsan. Salah satu solusi yang mungkin dilakukan untuk meminimalisasi terjadinya interferensi adalah dengan memisahkan lokasi geografis dari kedua sistem layanan tersebut. Untuk itu perlu dilakukan kajian mengenai seberapa besar potensi saling interferensi antar kedua sistem layanan tersebut, untuk selanjutnya dilakukan kalkulasi untuk mendapatkan jarak geografis minimum yang diperlukan agar kejadian saling interferensi dapat dihindari.

Hasil dari kajian ini dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam melakukan pemetaan kanal frekuensi radio untuk keperluan penyelenggaraan layanan radio digital dengan teknologi T-DAB, sehingga dapat ditentukan di area mana seharusnya sebuah kanal frekuensi digunakan, agar kedua layanan yaitu TV analog dan radio digital dapat beroperasi secara simultan.

II. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

A. Pita frekuensi VHF band III

Spektrum Frekuensi Radio adalah susunan pita frekuensi radio yang mempunyai frekuensi lebih kecil dari 3000 GHz sebagai satuan getaran gelombang elektromagnetik yang merambat dan terdapat dalam dirgantara (ruang udara dan antariksa). Alokasi Spektrum Frekuensi Radio Indonesia ditetapkan dengan mengacu kepada alokasi Spektrum Frekuensi Radio Internasional untuk wilayah 3 (*region 3*) sesuai Peraturan Radio yang ditetapkan oleh *International Telecommunication Union* (ITU). Tabel alokasi frekuensi nasional Indonesia disusun berdasarkan hasil *Final Act World Radio Communication Conference-1997* yang berlangsung di Jenewa, pada bulan November 1997 (Kemenkominfo, 2005).

ITU menggolongkan spektrum frekuensi radio secara berkesinambungan dari frekuensi 3 kHz sampai dengan 3000 GHz dan membaginya menjadi 9 rentang pita frekuensi. Adapun sepektrum frekuensi pada pita VHF band III berkisar antara 174 – 230 MHz, dengan nomor kanal antara 4 sampai dengan 11. Penomoran kanal TV VHF di Indonesia berbeda 1 kanal dari standar penomoran kanal CCIR (ITU-R) yang digunakan negara lain, seperti diperlihatkan pada Tabel 1.

TABEL 1. PENGKANALAN TV VHF (Direktorat Spektrum Frekuensi Radio dan Orbit Satelit, 2005)

No. Saluran	Batas Frekuensi	Frekuensi Video (MHz)	Frekuensi Audio (MHz)
4	174 – 181	175,25	180,75
5	181 – 188	182,25	187,75
6	188 – 195	189,25	194,75
7	195 – 202	196,25	201,75
8	202 – 209	203,25	208,75
9	209 – 216	210,25	215,75
10	216 – 223	217,25	222,75
11	223 – 230	224,25	229,75

B. Digital Audio Broadcasting (DAB) family

DAB family meliputi DAB, DAB+ dan DMB. DAB dan DAB+ merupakan standard radio digital sedangkan DMB merupakan standard untuk *mobile* TV. DAB pertama kali dikembangkan pada tahun 1980an dan berbasis MPEG Audio Layer II atau lebih dikenal dengan MP3 yang masih umum digunakan dalam dunia penyiaran sampai saat ini, bahkan masih dianggap sebagai teknologi *coding* audio tersukses. Walaupun demikian, saat ini MP3 tersaingi oleh kehadiran MPEG-4 (AAC) dalam hal efisiensi dan performansi. Integrasi AAC kedalam teknologi DAB menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi, dapat menghasilkan kualitas audio yang sama dengan bitrate yang lebih rendah. Inilah tonggak lahirnya DAB+.

C. Frekuensi radio untuk implementasi T-DAB

DAB direkomendasikan untuk beroperasi pada pita VHF band III (174 – 230 MHz, di beberapa Negara 174-240 MHz). *band* III merupakan pita inti yang didesain dan digunakan untuk DAB. Untuk mendapatkan kualitas penerimaan yang maksimal, perangkat penerima perlu dilengkapi dengan antenna eksternal. Namun demikian, *band* III menawarkan cakupan yang lebih luas dan penetrasi bangunan yang lebih baik. Pita lain yang dapat digunakan untuk DAB adalah L-band, yang memiliki kisaran frekuensi antara 1452-1479.5 MHz. L-band digunakan di beberapa Negara dimana *band* III karena alasan tertentu tidak atau belum dapat digunakan, atau dapat juga sebagai pita tambahan. Pesawat penerima yang beroperasi pada L-band tidak memerlukan antenna eksternal yang memberikan keuntungan khususnya untuk penerimaan dengan handset seperti halnya *mobile phone*, namun demikian memiliki kemampuan penetrasi bangunan yang terbatas (worldadab.org, 2013).

Lebar jalur satu kanal DAB pada pita VHF *band* III adalah 1,536 MHz, sehingga masing-masing kanal televisi yang memiliki lebar jalur sebesar 7 MHz dapat mengakomodasi 4 kanal DAB dengan sisipan *guardband* sebesar 176 KHz diantara dua kanal DAB yang berdekatan. Adapun penomoran kanalnya adalah dengan menambahkan A, B, C dan D pada nomor kanal televisi. Contoh kanal DAB yang berada pada rentang kanal 5 TV akan memiliki nomor 5A, 5B, 5C dan 5D. Untuk meningkatkan kompatibilitas dengan kompatibilitas

dengan frekuensi suara dari sistem TV 7 MHz, maka *guardband* untuk blok A di kanal N dengan blok D di kanal N-1 adalah sebesar 320 KHz atau 336 KHz.

T-DAB atau *terrestrial digital audio broadcasting* merupakan varian dari DAB yang perambatan gelombang pancarannya berada tidak jauh di atas permukaan bumi. Terminologi ini untuk membedakan dengan S-DAB yang menggunakan satelit sebagai media pemancarnya.

D. DAB di Negara lain

Beberapa Negara yang sudah mengimplementasikan DAB family diantaranya adalah Australia, Belgia, Cina, Ceko, Denmark, Perancis, Jerman, Ghana, Hongkong, Irlandia, Italia, Belanda, Polandia, Korea Selatan, Spanyol, Swedia, Inggris dan Gibraltar. Sedangkan Negara-negara yang sedang dalam tahap uji coba layanan dan atau penyiapan regulasi diantaranya adalah Austria, Brunei Darussalam, Cina Taipei, Kroasia, Hungaria, Indonesia, Israel, Kuwait, Malaysia, Monaco, Selandia Baru, Romania, Slovenia, Thailand, Tunisia dan Vietnam.

Di Australia, terdapat sekitar 1,7 juta orang mendengarkan radio digital di Sidney, Melbourne, Brisbane, Perth dan Adelaide dan sebanyak 1.406.151 buah pesawat penerima radio digital terjual pada akhir kwartal ketiga ditahun 2013. 13% diantaranya mendengarkan radio melalui jaringan DAB+, dengan *Time Spent Listening* (TSL) lebih dari 12 jam per minggunya. Australia telah mengalokasikan frekuensi sebesar 14 MHz pada pita VHF *band* III untuk implementasi DAB+ (worldadab.org, 2014).

Di Inggris, terdapat 25 juta orang mendengarkan radio digital dengan standar DAB. Per April 2014, 55% mobil keluaran baru hadir dengan radio digital berstandar DAB, meningkat dari bulan yang sama pada tahun 2013, yang hanya berjumlah 37,2%. Multipleks yang sudah *on air* berjumlah 2 buah multipleks dengan skala nasional, 10 multipleks dengan skala regional dan 38 multipleks berskala local.

Malaysia menetapkan pita VHF *band* III untuk implementasi DAB. Sejak percobaan DAB+ pada akhir 2009 di Kuala Lumpur, Malaysia belum memutuskan *timeline* implementasi radio digital. Saat ini, terdapat 15 program radio yang tersedia pada jaringan DAB+, Sembilan diantaranya dimiliki oleh RTM (Radio TV Malaysia) yang merupakan lembaga penyiaran publik Malaysia dan enam program dimiliki oleh stasiun radio komersial.

E. Single Frequency Network (SFN)

SFN adalah jaringan dimana sekelompok *transmitter* memancarkan sinyal yang sama melalui frekuensi yang sama dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi pemanfaatan spektrum frekuensi radio. Di dalam jaringan SFN, perangkat penerima akan menerima beberapa sunyal dari beberapa *transmitter*. Semua *transmitter* di dalam jaringan SFN harus di sinkronisasikan, sehingga sinyal yang ditransmisikan memiliki frekuensi dan bit yang identik. T-DAB dapat diimplementasikan dengan menggunakan jaringan SFN untuk mendapatkan efisiensi frekuensi radio yang lebih baik.



Gambar 2. Jaringan SFN dan MFN

F. Sistem Televisi PAL

Sistem Televisi PAL merupakan salah satu standard sistem televisi siaran analog. Sistem Televisi PAL (*Phase Alternating Line*) dikembangkan oleh Eropa. Sistem Analog PAL memiliki banyak varian, yaitu PAL B, PAL G, H, PAL I, PAL D/K, PAL M, dan PAL N. masing-masing dibedakan berdasarkan *transmission band*, *Fields*, *Lines*, *Channel bandwidth*, *Video bandwidth*, *Colour subcarrier* dan *Sound carrier*. Tabel 2 memperlihatkan perbedaan dari masing-masing sistem PAL.

G. Interferensi

Interferensi adalah hadirnya sinyal dari frekuensi radio yang tidak diinginkan yang mengganggu penerimaan sinyal yang berasal dari frekuensi yang diinginkan. Interferensi dapat menindas sinyal yang diinginkan, menyebabkan kerugian sinyal, atau dapat mempengaruhi kualitas suara dan gambar. Dua penyebab paling umum dari interferensi adalah pemancar dan peralatan listrik. Interferensi merupakan masalah serius yang harus diminimalisasi, karena nilai interferensi yang besar akan menurunkan rasio *Signal to Interference and Noise Ratio* (SINR) ke level yang sangat rendah, sehingga akan menurunkan performansi dari sistem secara keseluruhan. Interferensi dapat terjadi secara terus menerus (*continue*) dan dapat juga terjadi hanya sesaat sebagai akibat refraksi dan difraksi permukaan bumi atau lapisan udara (*troposphere*). Untuk persentasi waktu yang kecil kehadiran interferensi *troposphere* dengan tingkat atau level yang tinggi dapat ditolerir bila dibandingkan dengan interferensi kontinyu (Direktorat Spektrum Frekuensi Radio dan Orbit Satelit, 2005).

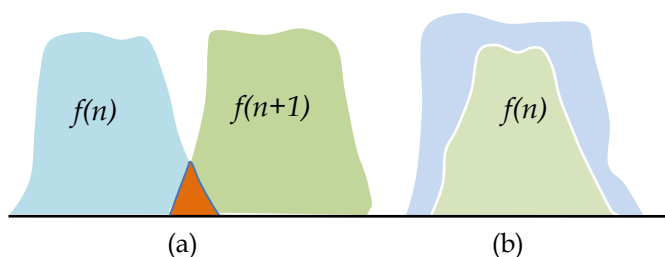
1) Co-channel Interference (CCI)

Interferensi co-channel terjadi ketika dua atau lebih entitas dalam wilayah geografis yang sama memancar pada frekuensi yang sama. Interferensi co-channel mengurangi *Signal-To-Noise Ratio* (SNR), yang pada gilirannya mengurangi *throughput* dan bahkan dapat mengganggu komunikasi, ketika

SNR turun di bawah tingkat yang diperlukan untuk teknologi tertentu agar dapat beroperasi secara efektif.

Interferensi co-channel dapat menimbulkan masalah untuk banyak layanan. Tidak seperti interferensi lainnya, seperti *adjacent channel interference*, interferensi *co-channel* tidak dapat diperbaiki dengan filter atau dengan meningkatkan *interference rejection capability* dari penerima, yang menghambat *out-of-band emission* atau transmisi pada saluran yang berdekatan. Interferensi *co-channel* juga dapat terjadi di daerah geografis yang lebih luas daripada jenis interferensi yang lain. Untuk mengatasinya, regulator seringkali membuat pemisahan jarak yang lebih besar antara *emitter co-channel* dan penggunaan antenna dengan pengarah.

Di dalam konteks penyiaran, interferensi *co-channel* dapat dihindari dengan melakukan pemisahan letak geografis antar pemancar yang bekerja pada frekuensi yang sama atau dengan menggunakan antenna pemancar dengan pengarah yang tinggi (NTIA, 2010).

Gambar 3. (a) *Adjacent Channel Interference*
(b) *Co-channel Interference*

2) Adjacent Channel Interference (ACI)

Adjacent Channel Interference adalah interferensi yang disebabkan oleh adanya *transmitter* lain yang memancar pada frekuensi yang berdekatan. Hal ini disebabkan karena ketidaksempurnaan filter penerima yang tidak memiliki *cut off* yang tajam, sehingga memungkinkan frekuensi-frekuensi disekitarnya masuk ke *pass band* dari frekuensi yang diinginkan. Akibatnya terjadi tumpang tindih penerimaan sinyal pada penerima. Ilustrasi dari *Adjacent Channel Interference* dan *Co-channel interference* diperlihatkan pada Gambar 3. Salah satu hal yang dapat dilakukan untuk menanggulangi *adjacent channel interference* adalah dengan menambahkan *guard band*. Sedangkan *co-channel interference* dapat diatasi salah satunya dengan *geographical separation*.

TABEL 2. SISTEM TV ANALOG PAL

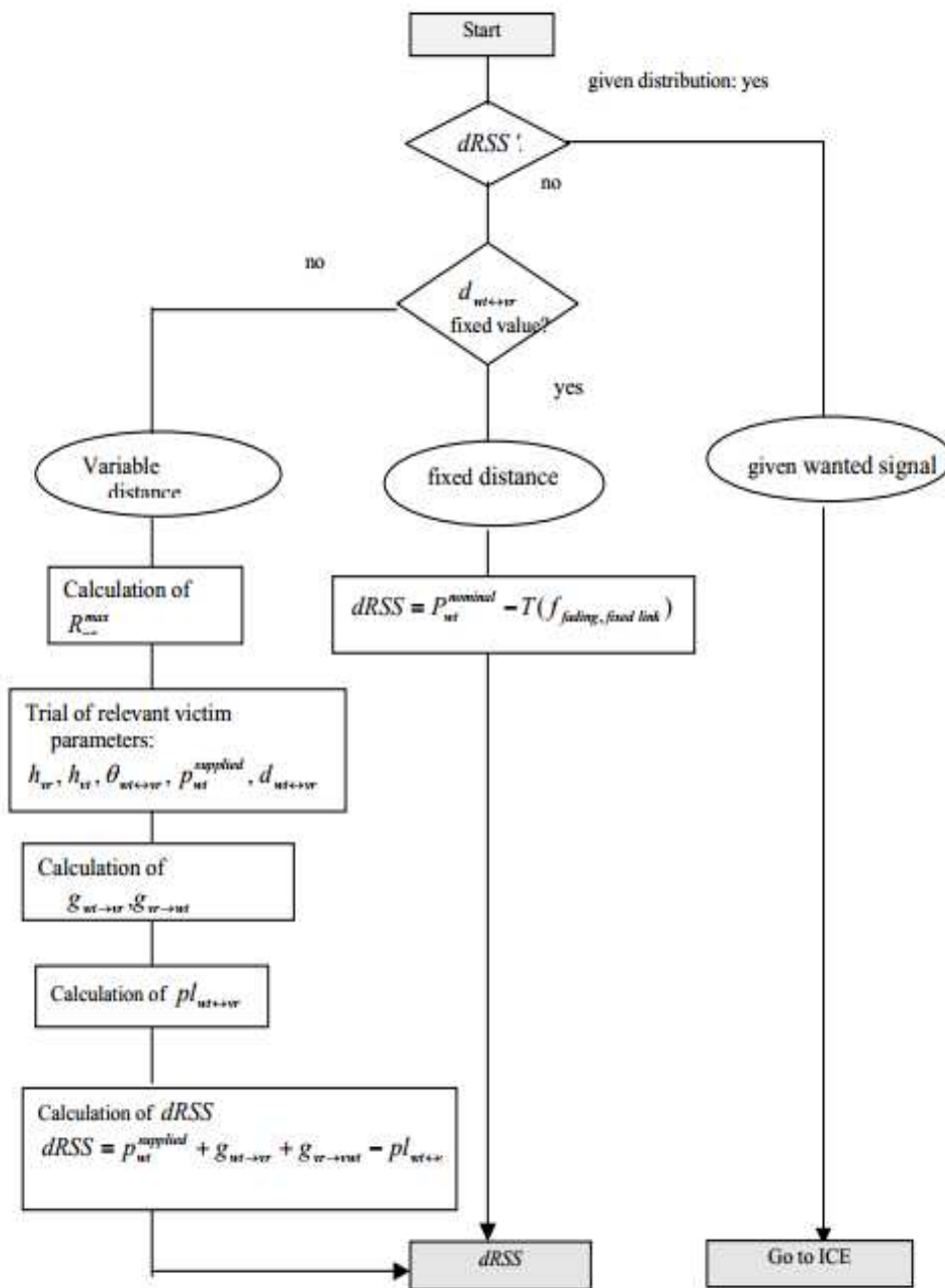
Paramater	PAL B	PAL G, H	PAL I	PAL D/K	PAL M	PAL N
<i>Transmission band</i>	VHF	UHF	UHF/VHF*	VHF/UHF	VHF/UHF	VHF/UHF
<i>Fields</i>	50	50	50	50	60	50
<i>Lines</i>	625	625	625	625	525	625
<i>Active lines</i>	576	576	582**	576	480	576
<i>Channel bandwidth (MHz)</i>	7	8	8	8	6	6
<i>Video bandwidth (MHz)</i>	5.0	5.0	5.5	6.0	4.2	4.2

Paramater	PAL B	PAL G, H	PAL I	PAL D/K	PAL M	PAL N
Colour subcarrier (MHz)	4.43361875	4.43361875	4.43361875	4.43361875	3.575611	3.58205625
Sound carrier (MHz)	5.5	5.5	6.0	6.5	4.5	

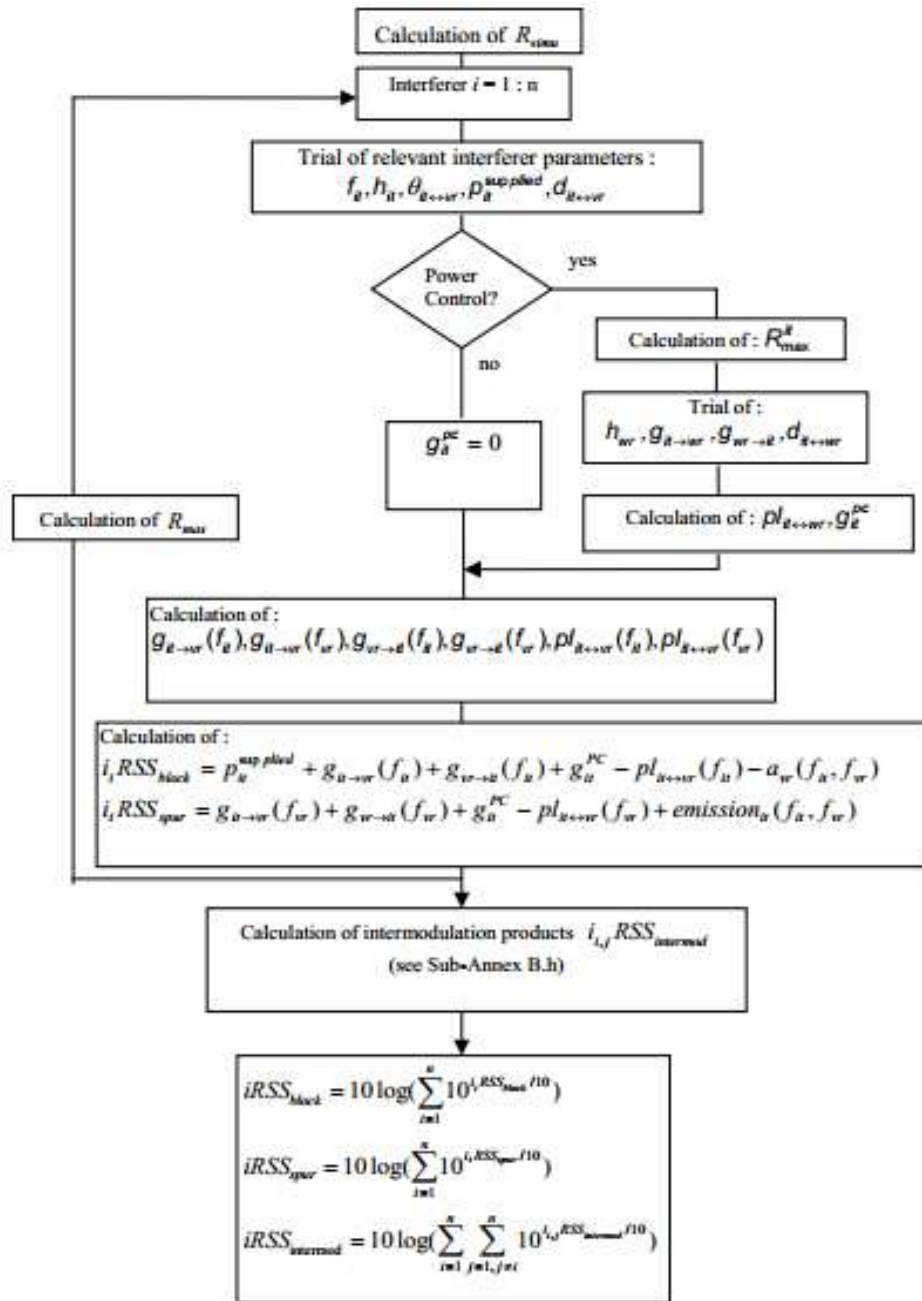
H. Kriteria Interferensi

Terdapat empat kriteria interferensi yang digunakan di dalam SEAMCAT, yaitu C/I , $C/(I+N)$, $(N+I)/N$, dan I/N . Kriteria interferensi tersebut berlaku untuk *victim receiver* (V_r), yaitu *receiver* yang mengalami gangguan akibat adanya interferensi. V_r harus memiliki *Carrier to Interference ratio* (C/I) kurang dari nilai minimum yang diperbolehkan. Agar dapat menghitung besarnya C/I dari V_r , perlu diketahui

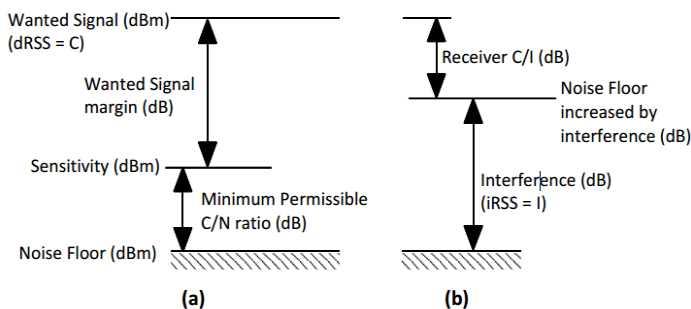
besarnya *wanted signal strength/desired Received Signal Strength* (dRSS) yang merupakan nilai dari C dan juga harus mengetahui besarnya nilai *interfering signal strength* (iRSS) yang merupakan nilai dari I . Apabila kedua parameter tersebut diketahui, maka besarnya nilai C/I juga akan dapat diketahui. Diagram alir penghitungan dRSS diperlihatkan pada Gambar 4, sedangkan diagram alir penghitungan nilai iRSS diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 4. diagram alir penghitungan dRSS (ERC-CEPT, 2002)



Gambar 5. Diagram alir penghitungan iRSS



Gambar 6. Level sinyal untuk menentukan interferensi (ECO, 2010)

Gambar 6(a) mengilustrasikan situasi ketika V_r tidak mengalami interferensi, karena V_r menerima dRSS dengan

margin. Dengan demikian, level sinyal yang diterima oleh V_r merupakan penjumlahan dari sensitivitas dan besarnya margin sinyal yang diinginkan. Lain halnya yang terjadi pada Gambar 6(b), yang mengilustrasikan terjadinya interferensi. Sinyal gangguan akan menaikkan level dari *Noise Floor* sehingga rasio C/I akan turun. C/I atau disebut juga *protection ratio* harus dipenuhi sehingga diperoleh kualitas layanan yang baik.

I. Model Propagasi

Semua frekuensi radio yang dipancarkan akan mengalami *path loss* dikarenakan proses perambatan gelombang elektromagnetik dari pemancar menuju ke penerima. *Path loss* atau rugi-rugi lintasan merupakan salah satu yang berpengaruh kepada kuat sinyal yang akan diterima oleh perangkat

penerima. Tingkat akurasi prediksi kuat sinyal salah satunya bergantung kepada ketepatan pemilihan model propagasi, sebagai contoh tergantung dari tipe sistem atau jenis medan dimana sistem bekerja. Pada dasarnya, propagasi dibagi kedalam dua jenis, yaitu (Więcek & Wypiór, 2011):

- a. Metoda *point to area*
- b. Metoda *point to point*

Metoda *point to area* merupakan metoda yang umum digunakan untuk wilayah yang lebih luas dan estimasi umum. Hasil yang diperoleh didasarkan pada aturan propagasi umum dan memiliki tingkat akurasi statistik yang kurang baik. Metoda *point to point* mengandung sejumlah besar parameter masukan dan menggunakan dependensi matematika yang canggih untuk berbagai fenomena fisika dan kondisi cuaca (seperti difraksi, penyebaran, curah hujan, redaman uap air dan lain-lain), akan tetapi biasanya memerlukan peta DEM/DTM yang lebih detil dan digunakan pada perencanaan jaringan yang mendetail. Beberapa model propagasi yang didukung oleh SEAMCAT adalah model propagasi ITU-R P.1546, Model *Free Space Loss*, model *Extended & and Hata-SRD* dan model propagasi *spherical*. Pemilihan model propagasi bergantung kepada skenario dan tujuan simulasi. Pada kajian ini digunakan model propagasi ITU-R P.1546. Model propagasi ITU-R P.1546 digambarkan di dalam *Recommendation ITU-R P.1546-1* yang dikembangkan berdasarkan model sebelumnya didalam rekomendasi ITU-R P.370. Rekomendasi tersebut mengusulkan sebuah model propagasi untuk prediksi kuat medan *point to area* untuk layanan penyiaran, *land mobile*, *maritime*, dan layanan tetap tertentu (seperti sistem *point to multipoint*) pada frekuensi kerja antara 30 sampai dengan 3.000 MHz dan untuk jarak jangkauan antara 1 Km sampai dengan 1.000 km (ECO, 2010).

J. Penelitian Sejenis

Beberapa penelitian sejenis, berkaitan dengan mitigasi interferensi dan penggunaan SEAMCAT sebagai alat bantu analisis telah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Berikut ini beberapa diantaranya.

1) *Interference Analysis between Digital Television and LTE System under Adjacent Channels in the 700 MHz Band*

Makalah ini bertujuan untuk menganalisis dampak dari saling interferensi antara *Long Term Evolution* (LTE) dan TV Digital pada kanal yang berdekatan pada pita frekuensi 700 MHz. Simulasi dilakukan dengan bantuan SEAMCAT, dengan menggunakan kanal 51 untuk TV digital dan kanal 52 untuk LTE. 4 kelas TV Digital, yaitu kelas special, Kelas A, Kelas B dan Kelas C digunakan dalam simulasi. Hasil analisis menunjukkan bahwa kelas special, A dan B menyebabkan interferensi terhadap LTE, dan dampak interferensi tersebut bergantung kepada *guard band* dan jarak separasi antara kedua sistem. Lebih jauh analisis juga menunjukkan bahwa peningkatan lebar pita LTE memiliki dampak yang lebih besar apabila LTE bertindak sebagai korban (*victim*). Walaupun demikian, koeksistensi LTE dan DTV dimungkinkan selama jarak antar sistem memenuhi jarak minimum dan terdapat

guard band yang cukup antar kedua sistem (Mathe, Freitas, & Costa, 2014).

2) *Interference analysis of guard band and geographical separation between DVB-T and E-UTRA in Digital Dividend UHF band*

Kajian yang dilakukan dilatarbelakangi oleh adanya *digital dividend* sebagai akibat dari migrasi sistem penyiaran televisi analog teresterial menjadi sistem penyiaran digital. Digital dividend menjadi sangat penting karena spectrum frekuensinya yang berada di bawah 1 GHz, merupakan spectrum frekuensi yang optimum untuk memenuhi kebutuhan *coverage* dan *bandwidth*. Potensi utama layanan di dalam *digital dividend* adalah *mobile broadband* dan penyiaran digital teresterial. Tujuan dari kajian adalah untuk memperoleh *guard band* minimum dan jarak minimum antara *mobile broadband* dan penyiaran digital teresterial. Analisis interferensi dilakukan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak SEAMCAT (*Spectrum Engineering Advanced Monte-Carlo Analysis Tool*). Kajian dilakukan dengan menggunakan beberapa skenario antara DVB-T dan E-UTRA meliputi interferensi *co-channel* dan *adjacent-channel*, variasi jarak antara perangkat DVB-T and E-UTRA, dan arah link yang berbeda-beda (Setiawan, Gunawan, & Sirat, 2009).

3) *Protection Ratio and Antenna Separation for DVB-T/LTE Coexistence Issues*

Studi ini dilatarbelakangi oleh terjadinya proses transisi TV analog ke TV digital yang menyebabkan timbulnya rentang frekuensi radio yang tidak digunakan lagi, yang dikenal sebagai *digital dividend*. Pemanfaatan *digital dividend* dimasa mendatang menjadi perhatian dan bahan diskusi bagi para penyelenggara penyiaran dan operator telekomunikasi. Hal ini dikarenakan DVB-T secara spectral bersebelahan dengan sistem 3GPP *Long Term Evolution* (LTE) *Evolved Universal Terrestrial Radio Access* (E-UTRA). Kedekatan ini dapat menimbulkan interferensi baik bagi penerima siaran televisi digital maupun bagi pesawat penerima layanan LTE. Penulis mengajukan solusi terhadap permasalahan ini dengan mengaplikasikan *Spectral Emission Masks* (SEMs) yang berbeda bagi sinyal LTE. Dengan bantuan SEAMCAT, penulis melakukan simulasi interferensi antar sistem dan menyimpulkan bahwa dengan menggunakan SEM ECC 148, sebagai pengganti SEM 3GPP, mampu memperbaiki *protection ratio* dari -24 dB menjadi -33 dB. Sebagai konsekuensinya, minimum separasi spasial antara tower LTE dan pesawat penerima layanan DVB-T berkisar antara 800 – 1000 m (Baruffa, Femminella, Mariani, & Reali, 2013).

4) *Study on Efficient Frequency Guard Band Decision Rule for Interference Avoidance*

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan *guard band* frekuensi yang efisien untuk menghindari interferensi antar layanan. Ketika frekuensi ditetapkan untuk sebuah layanan

baru, layanan eksisting tidak boleh terganggu oleh layanan baru tersebut. Oleh karenanya diperlukan *guard band* untuk memisahkan pita-pita frekuensi yang berdekatan, sehingga diharapkan kedua jenis layanan (layanan eksisting dan layanan bari) dapat berjalan secara bersamaan, tanpa saling menginterferensi.

Probabilitas interferensi dihitung dengan menggunakan alat analisis perekayasa spektrum berbasis Monte Carlo, yaitu SEAMCAT. MS digital TRS dipilih sebagai *interfering transmitter* (It) dan MS analog TRS sebagai *victim receiver* (Vr). Pita frekuensi sebesar 100 KHz (876 MHz – 876.1 MHz) digunakan sebagai frekuensi It dan untuk Vr, lebar pita frekuensi ditentukan sebesar 6 MHz (870-876 MHz). Di dalam melakukan simulasi, *guard band* di atur maksimum dan minimum. *Guard band* minimum diasumsikan disaat *guard band* tidak diperlukan, yaitu sebesar 0 KHz, sedangkan *guard band* maksimum di atur sebesar 37,5 KHz, sebuah nilai hasil penjumlahan spasi kanal antara dua sistem. Maksimum probabilitas interferensi yang diijinkan ditentukan sebesar 5%. Ketika *guard band* minimum, frekuensi operasi dari TRS digital adalah 875.9875 MHz. dalam kondisi seperti ini diperoleh nilai *interference probability* sebesar 14% (lebih besar dari nilai yang ditentukan, 5%). Dari hasil tersebut, dapat diambil kesimpulan bahwa *guard band* tetap diperlukan, mengingat TRS analog tidak secara total bebas dari intervensi TRS digital. Ketika *guard band* diatur maksimal, TRS digital bekerja pada frekuensi tengah, yaitu 875.95 MHz. Dalam kondisi ini, diperoleh *interference probability* sebesar 3,7%. Walaupun nilai tersebut, berada dibawah 5%, akan tetapi perbedaannya cukup besar (diatas 1%), sehingga gap frekuensi antara dua sistem dapat dikurangi. Setelah dilakukan simulasi ulang, akhirnya diperoleh nilai *interference probability* sebesar 4,8%. Nilai tersebut diperoleh setelah dilakukan penyesuaian *guard band* menjadi 18,75% (Park, Kim, Kim, & Kim, 2009)

III. METODE PENELITIAN

A. Teknik Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan simluasi menggunakan alat dukung berupa aplikasi SEAMCAT. Simulasi dilakukan untuk mengetahui adanya interferensi terhadap sebuah sistem yang disebabkan oleh sistem lain yang menggunakan kanal frekuensi pada pita yang sama atau berdekatan.

B. Sumber Data

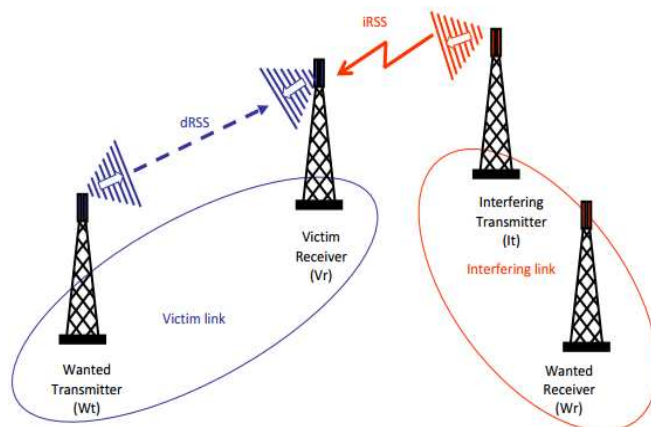
Data yang diolah menggunakan SEAMCAT, diperoleh dari literature, informan, dan apabila tidak ditemukan dari kedua sumber tersebut, maka digunakan asumsi. Adapun informan pada penelitian ini adalah Direktorat Operasi Direktorat Jenderal SDPPI dan UPT Monitoring Spektrum Frekuensi Radio dan Orbit Satelit. Data dari informan digunakan untuk mengetahui kondisi jaringan eksisting pada pita VHF.

C. Lokasi penelitian

Penelitian dilakukan di Jakarta, mengingat sumber data berada di Jakarta.

D. Teknik analisis

Analisis dilakukan dengan menggunakan aplikasi SEAMCAT (*Spectrum Engineering Advanced Monte-Carlo Analysis Tool*). SEAMCAT merupakan model simulasi statistik yang menggunakan metode analisis yang disebut Monte Carlo untuk menilai potensi interferensi antara sistem komunikasi radio yang berbeda (ECO, 2010).



Gambar 7. Skenario *victim* dan *interferer* untuk percobaan simulasi Monte Carlo (ECO, 2010)

Metode simulasi statistik dapat berlawanan dengan metode analisis konvensional, yang biasanya diterapkan untuk persamaan diferensial biasa atau parsial yang menggambarkan beberapa sistem fisik atau matematis yang mendasarinya. Dalam banyak aplikasi dari teknik Monte Carlo, proses fisik disimulasikan secara langsung, dan bahkan tidak ada perlu menuliskan persamaan diferensial yang menggambarkan perilaku sistem (ECO, 2010). SEAMCAT memodelkan *victim receiver* (Vr) yang terhubung ke *wanted transmitter* (Wt) yang beroperasi diantara populasi pemancar yang memiliki peluang untuk menginterferensi (*interferer transmitters*- It) *victim receiver*. Para penginterferensi ini bisa berupa sistem yang sama dengan Vr, bisa juga berupa sistem yang berbeda atau gabungan antara keduanya. Besarnya rasio *carrier to interference* merupakan perbandingan dari *desired Received Signal Strength* (dRSS) dan *interfering Received Signal Strength* (iRSS). Sedangkan untuk probabilitas interferensi (PI) didapat dari rumus $PI = 1 - P_{NI}$, dimana P_{NI} adalah probabilitas non interferensi yang diperoleh dari formula berikut (ECO, 2010):

$$P_{NI} = \frac{P\left(\frac{dRSS}{iRSS_{comp}} > \frac{C}{I}, dRSS > sens\right)}{P(dRSS > sens)}$$

Dimana :

$$iRSS_{comp} = \sum_{i=1}^p iRSS_j$$

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Parameter T-DAB dan TV Analog

Untuk mengestimasi probabilitas interferensi dari T-DAB kepada pesawat penerima TV analog atau sebaliknya, dilakukan dengan melakukan simulasi dengan bantuan SEAMCAT 4.0.1. Untuk mengatasi interferensi yang terjadi, dilakukan dengan memisahkan letak geografis antara kedua sisten. Dalam simulasi, hal tersebut dilakukan dengan mengubah-ubah jarak antara *Interferer Transmitter* (It) dan *Victim receiver* (Vr), sehingga diperoleh rasio antara dRSS dan iRSS lebih besar atau sama dengan *protection ratio*. Dalam analisis menggunakan SEAMCAT, Vr disimulasikan pada kondisi terburuk, yaitu ditempatkan pada ujung *coverage radius* dari *Wanted Transmitter* (Wt). Adapun parameter-parameter yang dipergunakan dalam melakukan simulasi, ditampilkan pada Tabel 3, 4 dan Tabel 5.

TABEL 3. PARAMETER DAB

Parameter	Nilai	Keterangan
Bandwidth (MHz)	1,536	(ITU-R BS.1660-6, 2012)
Receiver noise figure (dB)	7	(Sadhu, 2014)
Noise floor (dB)	-112,22	(Sadhu, 2014)
Sensitivitas (dBm)	-92.2	(Sadhu, 2014)
Minimum C/N(dB)	8,4	(Sadhu, 2014)
Tinggi antenna Tx(m)	150	
Tinggi antenna Rx(m)	1.5	(ITU-R BS.1660-6, 2012)
Daya pancar (dBm)	53	
DAB receiver gain (dBi)	-8.1 (portable)	(Sadhu, 2014)
Antenna transmitter gain (dBi)	13	(Hoeg & Lauterbach, 2009)
Coverage Radius (Km)	40	Maks jarak antar Tx 74 Km (Australian Broadcasting Authority, 2005)
Model propagasi	ITU-R P.1546	

TABEL 4. PARAMETER TV ANALOG (DATA SIM-S DITJEN SDPPI)

Parameter		Keterangan
Frekuensi (MHz)	189,25	Vision carrier Kanal 7
Bandwidth (MHz)	7	(Direktur Jenderal Pos Dan Telekomunikasi, 2002)
Sensitivitas (dB)	-100	
Tinggi antenna Tx (m)	70-220	
Tinggi antenna Rx (m)	10	Asumsi antenna rooftop

Parameter	Keterangan
Daya pancar (dBm)	80
Antenna transmitter gain (dBi)	11
Coverage Radius (km)	50
Model propagasi	ITU-R P.1546

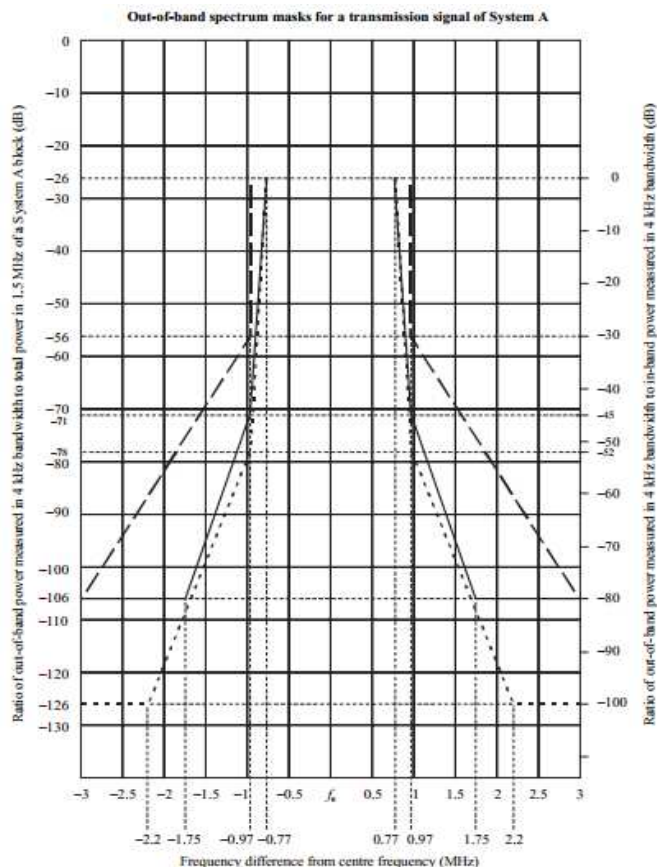
TABEL 5. PROTECTION RATIO DAN FREKUENSI T-DAB

Kanal	Frekuensi (MHz)	Protection Ratio skenario 1 (dBm)	Protection Ratio skenario 2 (dBm)
6D	187.072	-46	42
7A	188.928	-0.5	48
7B	190.64	-19	30
7C	192.352	-31.5	-5
7D	194.064	-10	-7
8A	195.936	-20	-11

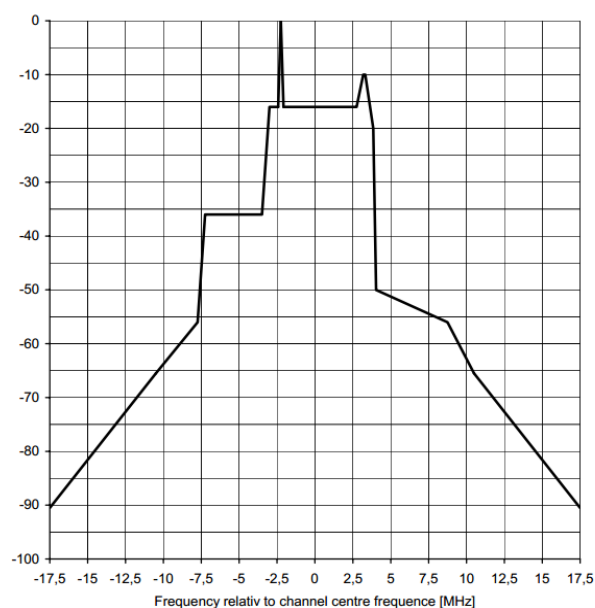
Sumber : diolah dari (ITU-R BS.1660-6, 2012)

B. Spectrum Emission Mask (SEM)

Spectrum Emission Mask adalah batasan emisi diluar kanal frekuensi. Emisi diluar batas kanal dapat mengakibatkan interferensi terhadap kanal yang berdekatan sehingga besarnya perlu dibatasi.



Gambar 8. Out-of-band spectrum mask T-DAB pada pita VHF(ITU-R BS.1660-6, 2012)



Gambar 9. Out-of-band spectrum mask TV analog 7 MHz (ETSI EN 302 297, 2005)

C. Analisis interferensi

Analisis dilakukan terhadap dua arah, yaitu TV analog menginterferensi T-DAB dan T-DAB menginterferensi TV analog. Kedua skenario dilakukan pada kondisi terburuk (*worst case*) dimana *victim receiver* berada pada batas terluar pada area cakupan dari *wanted transmitter*.

1) Skenario 1 : Pemancar TV analog menginterferensi pesawat penerima T-DAB

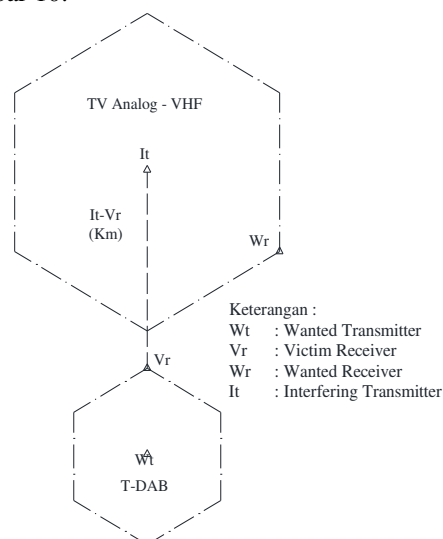
Pemancar TV analog bertindak sebagai *interfering transmitter* (It), pesawat penerima TV analog sebagai *wanted receiver* (Wr), pemancar T-DAB sebagai *wanted transmitter* (Wt) dan pesawat penerima T-DAB sebagai *victim receiver* (Vr). Karena TV analog merupakan jaringan eksisting dan merupakan jaringan *Multi frequency network* (MFN), maka analisis dilakukan per pemancar TV analog.

TV analog dan T-DAB memiliki *bandwidth* kanal yang berbeda dan karena *bandwidth* penginterferensi (TV analog) lebih besar daripada *bandwidth* sistem yang diinterferensi (T-

DAB), maka sebelum simulasi dilakukan, perlu dilakukan perhitungan *bandwidth correction factor*. Adapun besarnya *correction factor* mengikuti formula berikut (ECO, 2010):

$$\text{Correction factor} = 10 \log (It_{bw} / Vr_{bw}) \dots\dots\dots 1)$$

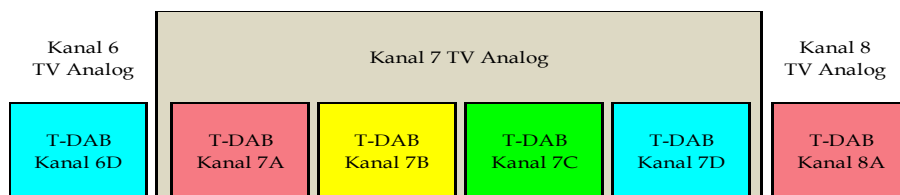
Dimana It_{bw} adalah *bandwidth* dari TV analog (7 MHz) dan Vr_{bw} adalah *bandwidth* dari T-DAB (1,536 MHz). Dengan menggunakan formula 1, diperoleh *correction factor* sebesar -6,59 dB. Nilai *correction factor* ini selanjutnya dijumlahkan dengan daya pancar dari TV analog. Nilai hasil penjumlahan tersebutlah yang akan digunakan didalam simulasi. Skenario simulasi TV analog menginterferensi T-DAB diperlihatkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Skenario TV analog menginterferensi T-DAB

Kanal TV analog yang digunakan dalam simulasi adalah kanal 7, dengan frekuensi gambar (*vision carrier*) sebesar 189.25 MHz. Simulasi dilakukan terhadap semua kanal T-DAB yang berada di sekitar kanal 7 TV analog, yaitu kanal 6D, 7A, 7B, 7C, 7D, dan 8A.

Untuk meminimalisasi interferensi dilakukan dengan memberikan jarak antara It (pemancar TV analog) dengan Vr (pesawat penerima T-DAB) dengan kisaran antara 0 – 80 Km. Hasil simulasi disajikan pada Tabel 7.



Gambar 11. Kanal-kanal frekuensi simulasi

TABEL 7. PROBABILITAS INTERFERENSI DAN RASIO C/I SKENARIO TV ANALOG MENGINTERFERENSI T-DAB

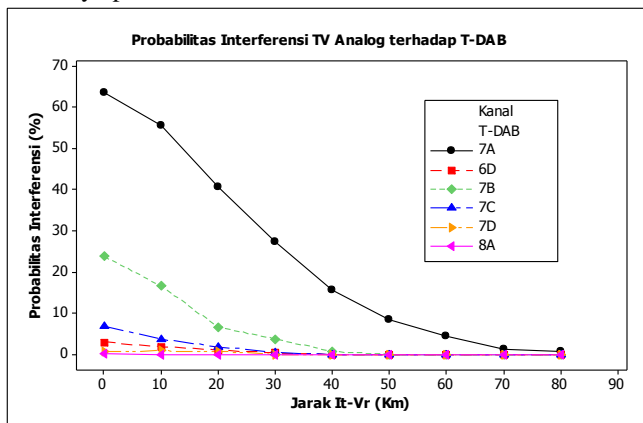
Jarak It_Vr (Km)	Kanal 6D (C/I = -46 dBm)		Kanal 7A (C/I = -0.5 dBm)		Kanal 7B (C/I = -19 dBm)		Kanal 7C (C/I = -31.5 dBm)		Kanal 7D (C/I = -10 dBm)		Kanal 8A (C/I = -20 dBm)	
	PI (%)	C/I	PI (%)	C/I	PI (%)	C/I	PI (%)	C/I	PI (%)	C/I	PI (%)	C/I
0	2.98	-18.84	63.49	-12.86	23.83	-13.46	6.74	-12.87	0.69	21.91	0.17	23.89
10	1.9	-17.15	55.66	-12.77	16.67	-13.07	3.65	-11.16	0.87	23.06	0	23.18
20	1.1	-14.75	40.57	-9.28	6.64	-7.87	1.89	-6.21	0.71	25.82	0	27.15
30	0.36	-8.64	27.22	-4.14	3.74	-3.14	0.52	-1.23	0	32.34	0	34.48
40	0	-2.13	15.7	2.6	0.72	2.57	0	4.18	0	36.33	0	39.96

Jarak It_Vr (Km)	Kanal 6D (C/I = -46 dBm)		Kanal 7A (C/I = -0.5 dBm)		Kanal 7B (C/I = -19 dBm)		Kanal 7C (C/I = -31.5)		Kanal 7D (C/I = -10 dBm)		Kanal 8A (C/I = -20 dBm)	
	PI (%)	C/I	PI (%)	C/I	PI (%)	C/I	PI (%)	C/I	PI (%)	C/I	PI (%)	C/I
50	0	3.59	8.35	9.4	0	8.75	0	8.81	0	43.64	0	46.41
60	0	8.9	4.45	13.93	0	12.93	0	13.94	0	48.73	0	50.17
70	0	12.67	1.2	18.14	0	15.74	0	18.03	0	51.78	0	55.06
80	0	16.56	0.72	21.37	0	20.8	0	23.07	0	54.82	0	56.89

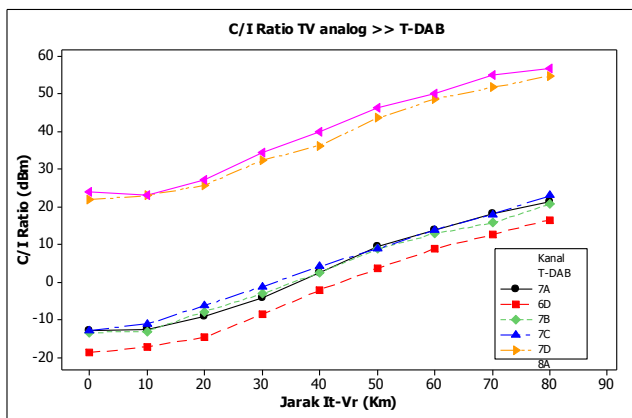
Berdasarkan table tersebut, *protection ratio* kanal 6D, 7B, 7C, 7D dan 8A dapat dicapai bahkan It dan Vr berjarak 0 Km. Sedangkan kanal 7A, *protection ratio* dapat dicapai pada saat It dan Vr terpisah sejauh kurang lebih 35 Km. Walaupun *protection ratio* sudah tercapai, probabilitas interferensi maksimum 5% lebih disarankan. Untuk kanal 6D, 7D dan 8A dapat mencapai level tersebut pada kondisi It dan Vr berada pada titik yang sama. Sedangkan untuk kanal 7A, 7B dan 7C, probabilitas interferensi maksimum 5% dapat dicapai apabila jarak It dan Vr berturut-turut sebesar 60 Km, 30 Km dan 25 Km. Dapat dilihat bahwa pemancar cakupan terluar T-DAB yang menggunakan kanal 7A harus diusahakan berjarak minimal 60 km dari stasiun pemancar TV analog yang menggunakan frekuensi pada kanal 7 VHF.

Dalam bentuk grafik, probabilitas interferensi yang diperoleh diperlihatkan pada Gambar 12. Sedangkan grafik C/I diperlihatkan pada Gambar 13.

Berdasarkan gambar terlihat bahwa rasio C/I berbanding lurus dengan jarak antara It dengan Vr, semakin jauh separasi It dan Vr maka nilai C/I akan semakin meningkat, dan sebaliknya probabilitas interferensi akan semakin menurun.



Gambar 12. Probabilitas interferensi TV analog terhadap T-DAB

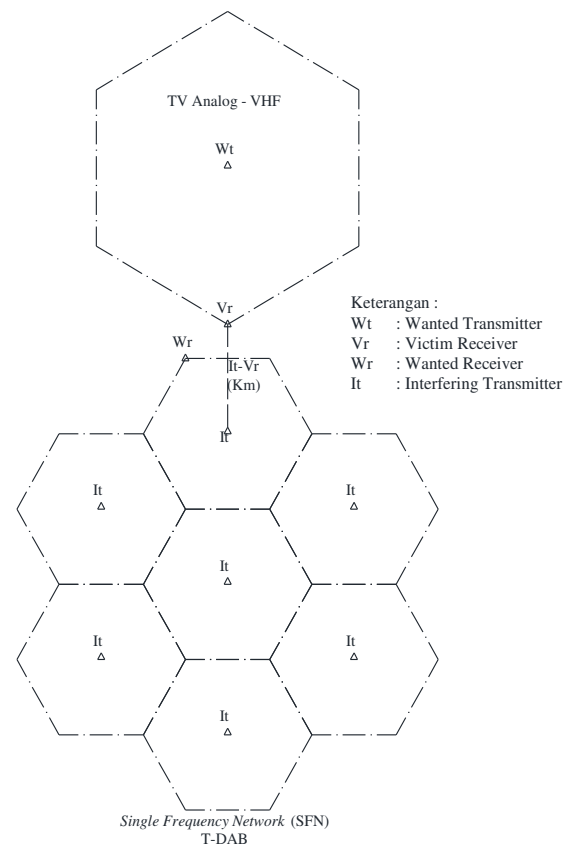


Gambar 13. C/I TV analog terhadap T-DAB

2) Skenario 2 : T-DAB menginterferensi pesawat penerima TV analog

Pemancar T-DAB bertindak sebagai *interfering transmitter* (It), pesawat penerima T-DAB sebagai *wanted receiver* (Wr), pemancar TV analog sebagai *wanted transmitter* (Wt) dan pesawat penerima TV analog sebagai *victim receiver* (Vr). T-DAB menggunakan jaringan *Single Frequency Network* (SFN) dengan 7 pemancar T-DAB dengan frekuensi kerja yang sama, seperti diperlihatkan pada Gambar 14.

Jarak antar pemancar T-DAB dibatasi oleh panjangnya *guard interval*. Hal ini untuk menjamin bahwa sinyal yang berasal dari pemancar yang berdekatan diterima oleh pesawat penerima tidak melewati *guard interval* nya. T-DAB memiliki *guard interval* sebesar 246 μ s (European Broadcasting Union, 2013). Dengan menggunakan rumus $3 \times 10^8 \text{ m/s} \times t_{\text{guard interval}}$, diperoleh jarak antar pemancar maksimum sebesar 73,8 Km. Dalam kajian ini jarak antar stasiun pemancar T-DAB ditentukan sebesar 70 Km.



Gambar 142. Skenario T-DAB menginterferensi TV analog

TABEL 8. PROBABILITAS INTERFERENSI DAN RASIO C/I SKENARIO T-DAB MENGINTERFERENSI TV ANALOG

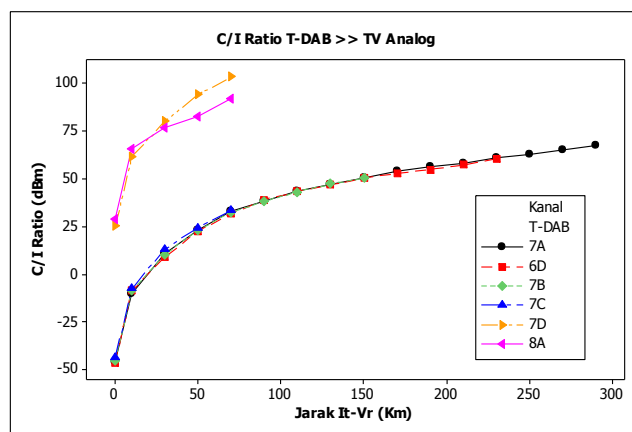
Jarak It_Vr (Km)	Kanal 6D (C/I = 42 dBm)		Kanal 7A (C/I = 48 dBm)		Kanal 7B (C/I = 30 dBm)		Kanal 7C (C/I = -5 dBm)		Kanal 7D (C/I = -7 dBm)		Kanal 8A (C/I = -11 dBm)	
	PI (%)	C/I	PI (%)	C/I	PI (%)	C/I	PI (%)	C/I	PI (%)	C/I	PI (%)	C/I
0	100	-46.23	100	-45.84	100	-45.27	96.81	-43.57	1.52	25.26	0	28.7
10	99.14	-8.65	100	-10.03	97.99	-8.77	56.13	-7.6	0	61.32	0	65.68
30	96.9	8.81	97.56	11.06	87.1	10.37	7.69	13.24	0	80.17	0	76.85
50	86.37	22.7	90.69	23.29	65.99	23.25	0.32	24.45	0	94.05	0	82.63
70	72.04	31.54	80.72	32.69	45.15	32.45	0	33.33	0	103.4	0	92.08
90	58.97	39.04	74.28	38.03	28.71	38.23						
110	47.79	43.32	60.44	43.76	16.09	43.09						
130	38.7	46.86	55.29	46.9	7.88	47.32						
150	27.19	50.33	42.66	50.37	3.66	50.23						
170	20.84	52.82	34.08	53.85								
190	17.01	54.71	31.7	56.06								
210	11.89	57.22	25.24	58.06								
230	3.96	60.26	18.89	60.71								
250			11.8	62.51								
270			7.2	64.85								
290			4.96	67.55								

Walaupun *bandwidth* kanal TV analog dan T-DAB berbeda, karena *bandwidth* kanal penginterferensi (T-DAB) lebih sempit dibandingkan *bandwidth* kanal dari sistem yang diinterferensi (TV analog), *bandwidth correction factor* tidak diperlukan (ECO, 2010). Sehingga, daya emisi pada Tabel 4 dapat langsung digunakan sebagai parameter simulasi. Sama seperti halnya pada scenario 1 (satu), yaitu pemancar TV analog menginterferensi pesawat penerima T-DAB, kanal frekuensi yang digunakan dalam simulasi adalah kanal 7 TV analog. Sedangkan disisi T-DAB, kanal yang digunakan adalah kanal 6D, 7A, 7B, 7C, 7D, dan 8A.

Besarnya probabilitas interferensi dan rasio dRSS dan iRSS atau C/I untuk scenario 2 (dua) disajikan pada Tabel 8. Berdasarkan Tabel tersebut, saat T-DAB dengan kanal 6D disimulasikan sebagai penginterferensi, *protection ratio* dapat dicapai pada saat It dan Vr terpisah sejauh ± 100 Km, dan Probabilitas interferensi maksimum 5% dapat dicapai bila jarak It dan Vr sebesar ± 220 Km.

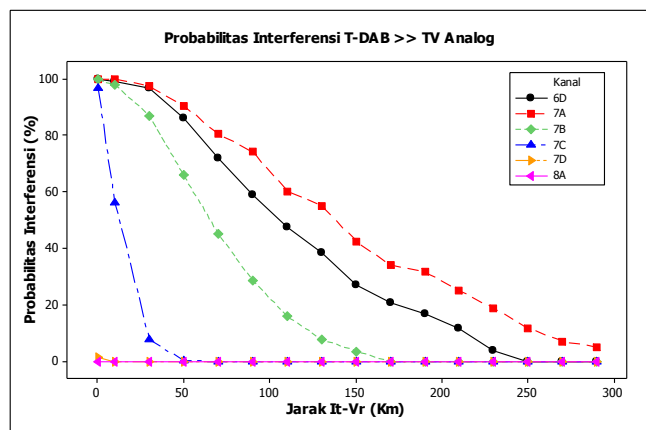
Untuk kanal 7A, 7B dan 7C, *protection ratio* dapat dicapai jika jarak It dan Vr berturut-turut sebesar 140 Km, 60 Km dan 40 Km. Sedangkan probabilitas interferensi sebesar 5% dapat dicapai pada jarak It dan Vr berturut-turut sebesar 290 Km, 140 Km dan 40 Km. Lain halnya pada saat T-DAB dengan kanal 7D atau 8A bertindak sebagai penginterferensi. *Protection ratio* dan probabilitas interferensi maksimum 5% dapat dicapai bahkan bila It dan Vr berada pada lokasi yang sama. Hal ini terjadi karena frekuensi tengah dari kanal 7D dan 8A berbeda cukup jauh dengan frekuensi pembawa gambar dari kanal 7 TV analog.

Dalam bentuk grafik, hubungan besarnya rasio C/I terhadap jarak antara It dengan Vr di tampilkan pada Gambar 15. Seperti pada skenario 1 (satu), jarak berbanding lurus dengan besarnya C/I. Semakin jauh jarak antara pemancar T-DAB dengan pesawat penerima TV analog, maka sinyal dari pemancar T-DAB yang diterima oleh pesawat penerima TV analog semakin kecil. Kondisi ini akan mengakibatkan nilai C/I akan semakin besar. Kanal 6D, 7A, 7B dan 7C memiliki bentuk grafik yang identik dan berimpit. Sementara kanal 7D dan 8A memiliki titik awal dan grafik yang berbeda dari keempat grafik kanal yang lainnya. Hal ini dikarenakan efek interferensi terhadap TV analog yang disebabkan oleh dua kanal tersebut sangat kecil.



Gambar 15. C/I T-DAB terhadap TV analog

Gambar 16 menyajikan grafik hubungan antara jarak I_t dan V_r dengan probabilitas interferensi. Berdasarkan gambar terlihat bahwa jarak berbanding terbalik dengan probabilitas interferensi. Semakin jauh jarak I_t dan V_r , kuat sinyal penginterferensi akan melemah, sehingga probabilitas interferensi akan semakin kecil.



Gambar 16. Probabilitas interferensi T-DAB terhadap TV analog

Melihat hasil dari dua skenario diatas tampak bahwa untuk meminimalkan interferensi, skenario dua membutuhkan separasi geografis I_t dan V_r yang lebih besar. Pada skenario 1 (satu), probabilitas interferensi 5% TV analog terhadap kanal 7A T-DAB dapat tercapai pada saat I_t dengan V_r terpisah sejauh 55 Km. Pada skenario 2 (dua), dengan jarak I_t dan V_r sebesar 55 Km, probabilitas interferensi masih diatas 80%. Hal ini dikarenakan T-DAB menggunakan sistem jaringan *Single Frequency Network* (SFN), sehingga sinyal penginterferensi merupakan akumulasi dari beberapa sinyal yang berasal dari beberapa pemancar yang tergabung di dalam jaringan SFN dengan level sinyal yang berbeda-beda sesuai dengan besarnya jarak pemancar-pemancar T-DAB tersebut dengan pesawat penerima TV analog.

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis diperoleh kesimpulan bahwa baik sebagai *interferer* maupun sebagai *victim*, untuk mencapai rasio sinyal terhadap inreferensi yang direkomendasikan, kanal 7A memerlukan jarak I_t dan V_r yang paling besar diantara kanal-kanal lainnya. Hal ini dikarenakan kanal 7A merupakan kanal yang memiliki titik tengah frekuensi paling dekat dengan frekuensi pembawa gambar (*vision carrier*) dari kanal 7 TV analog, sehingga probabilitas interferensi akan semakin tinggi. Kondisi ini berlaku juga untuk kanal-kanal yang lainnya pada rentang 174-230 MHz.

Diperlukan jarak I_t dan V_r yang lebih besar dalam skenario T-DAB menginterferensi TV analog. Hal ini dikarenakan T-DAB menggunakan sistem jaringan *Single Frequency Network* (SFN), sehingga sinyal penginterferensi merupakan

akumulasi dari beberapa sinyal yang berasal dari beberapa pemancar yang tergabung di dalam jaringan SFN, dengan level sinyal yang berbeda-beda sesuai dengan besarnya jarak masing-masing pemancar T-DAB dengan pesawat penerima TV analog. Disamping itu, hal tersebut juga disebabkan oleh sistem digital yang *robust*, sehingga lebih tahan terhadap adanya gangguan.

Untuk mendapatkan probabilitas interferensi maksimal sebesar 5%, separasi geografis minimal antara cakupan terluar TV analog kanal N dan *transmitter* terdekat/terluar pada jaringan SFN T-DAB untuk kanal (N-1)D, NA, NB, NC berturut-turut adalah 220 Km, 290 Km, 145 Km dan 40 Km. Sedangkan untuk kanal ND dan (N+1)A dapat digunakan tanpa separasi geografis dengan TV analog.

B. Saran

Untuk lebih memudahkan pemetaan kanal T-DAB, perlu dilakukan pemetaan kanal eksisting TV analog menggunakan *Geographic Information Systems* (GIS).

Kajian ini dilakukan dengan mengasumsikan bahwa pesawat penerima T-DAB adalah pesawat portabel. Perlu dilakukan kajian dengan pesawat penerima berupa perangkat *mobile*.

DAFTAR PUSTAKA

- Australian Broadcasting Authority. (2005). *Digital Radio Task Group Report into Spectrum Availability*. Canberra.
- Baruffa, G., Femminella, M., Mariani, F., & Reali, G. (2013). Protection Ratio and Antenna Separation for DVB—T/LTE Coexistence Issues. *IEEE Communications Letters*, 17(8), 1588–1591. doi:10.1109/LCOMM.2013.070113.130887
- Direktorat Spektrum Frekuensi Radio dan Orbit Satelit. (2005). *Perencanaan Frekuensi TV Siaran UHF di Indonesia*. Jakarta.
- Direktur Jenderal Pos Dan Telekomunikasi. Persyaratan Teknis Alat Dan Perangkat Televisi Siaran Sistem Analog (2002). Indonesia.
- ECO. (2010). *SEAMCAT Handbook*. Copenhagen: European Communications Office.
- ERC-CEPT. (2002). *Monte-Carlo Simulation Methodology for the Use In Sharing and Compatibility Studies Between Different Radio Services or Systems*. Baden: CEPT.
- ETSI EN 302 297. Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM);Transmitting equipment for the analogue television broadcasting service;Harmonized EN under article 3.2 of the R&TTE Directive (2005).
- European Broadcasting Union. (2013). *Technical Bases for T-DAB Services Network Planning and Compatibility With Existing Broadcasting Services* (Vol. 003). Geneva. Retrieved from <https://tech.ebu.ch/docs/techreports/tr021.pdf>
- Hoeg, W., & Lauterbach, T. (2009). *Digital Audio Broadcasting: Principles and Applications of DAB, DAB + and DMB*. (W. Hoeg & T. Lauterbach, Eds.) (Third.). West Sussex.
- ITU-R BS.1660-6. (2012). Technical basis for planning of terrestrial digital sound broadcasting in the VHF band BS Series. Geneva: ITU.

Kemenkominfo. (2005). Regulasi Frekuensi dan Standardisasi - Direktorat Jenderal Sumber Daya dan Perangkat Pos dan Informatika Republik Indonesia - Kementerian Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia. Retrieved April 10, 2014, from http://www.postel.go.id/artikel_c_3_p_93.htm

Mathe, D. M., Freitas, L. C., & Costa, J. C. W. A. (2014). Interference Analysis between Digital Television and LTE System under Adjacent Channels in the 700 MHz Band. In *International Conference on Emerging of Networking, COmmunication and Computing Technologies (ICENCCT 2014) Co-jointed with International Conference on Emerging Trends of COmputer Science with Educational Technology (ICETCSET 2014)*.

NTIA. (2010). Commerce Spectrum Management Advisory Committee ("Csmac") Interference.

Park, W.-C., Kim, E.-C., Kim, J.-Y., & Kim, J.-H. (2009). Study on Efficient Frequency Guard Band Decision Rule for Interference Avoidance. *Journal of the Korean institute of electromagnetic engineering and science*, 9(4), 182–187. doi:10.5515/JKIEES.2009.9.4.182

Sadhu, S. (2014). Digital Radio Standards, Technologies and Implementation. *ITU Academy*. Retrieved July 31, 2014, from [academy.itu.int/moodle/pluginfile.php/68248/mod_label/intro/Session 10 Digital Radio Broadcasting-ITU-TRAI.pdf](http://academy.itu.int/moodle/pluginfile.php/68248/mod_label/intro/Session%2010%20Digital%20Radio%20Broadcasting-ITU-TRAI.pdf)

Setiawan, D., Gunawan, D., & Sirat, D. (2009). Interference analysis of guard band and geographical separation between DVB-T and E-UTRA in Digital Dividend UHF band. In *International Conference on Instrumentation, Communication, Information Technology, and Biomedical Engineering 2009* (pp. 1–6). IEEE. doi:10.1109/ICICI-BME.2009.5417258

Więcek, D., & Wypiór, D. (2011). New SEAMCAT Propagation Models: Irregular Terrain Model and ITU-R P. 1546-4. *Journal of Telecommunication and Information Technology*.

worldad.org. (2013). Introduction to Digital Radio Spectrum. www.worldad.org.

worldad.org. (2014). Australia. *worldDMB*. Retrieved August 01, 2014, from www.worldad.org/country-information/australia