

BAB III

PERANCANGAN SIMULASI INTERFERENSI DVB-T/H TERHADAP SISTEM ANALOG PAL G

Berdasarkan tujuan dan batasan penelitian yang telah dijelaskan pada Bab Pendahuluan, penelitian yang akan dilaksanakan adalah menganalisis interferensi DVB-H/T terhadap sistem analog PAL G dan menganalisis metode – metode untuk meminimalisasi interferensi pada masa transisi ke sistem penyiaran digital.

3.1 PERANCANGAN SIMULASI INTERFERENSI

Simulasi interferensi diawali dengan memodelkan sistem DVB-T, DVB-H dan analog PAL G. Setelah itu pemodelan propagasi dan lingkungan sesuai dengan kondisi yang diinginkan. Selanjutnya dilakukan proses kalkulasi dRSS dan iRSS serta probabilitas interferensi.

3.1.1 Pemodelan sistem DVB-T, DVB-H dan sistem analog PAL G

Parameter sistem analog PAL G antara lain:

- Lebar pita 8 MHz
- Modulasi VSB
- *Vision carrier* terletak pada 1,25 MHz dari batas bawah frekuensi
- *sound carrier* terletak pada 5,5 MHz dari *vision carrier*
- Cakupan 45 - 60 km

Varian sistem DVB-T yang digunakan di Indonesia adalah varian C2G dengan parameter – parameter sebagai berikut:

- Lebar pita 8 MHz
- Modulasi 64 QAM
- *Code Rate* 2/3
- *Mode carrier* 8K
- *Interval guard* 1/8
- Tunda waktu 112 ms
- Cakupan 33,6 km
- *Multi Frequency Network* dengan 3 frekuensi *reuse*

Dan parameter – parameter sistem DVB-H yang digunakan adalah:

- Lebar pita 8 MHz
- Modulasi QPSK
- *Code Rate* 1/2
- *Mode carrier* 8K atau 4K
- *Interval guard* 1/4
- Cakupan 18,4 km
- *Single Frequency Network* (SFN)

Suatu sistem *receiver* harus memiliki *frequency selectivity*, yaitu kemampuan melewatkan sinyal pada *bandwidth transmitter*-nya dan meredam sinyal di luar spektrum frekuensi *bandwidth transmitter* (*out-of-band signal*). *Frequency selectivity receiver* sangat bergantung pada karakteristik *receiver blocking* dan *unwanted emission*.

Pada penerima sistem analog PAL G emisi yang tidak diinginkan berasal dari *transmitter* DVB-T/H, dan sebaliknya emisi yang tidak diinginkan oleh penerima DVB-T/H adalah emisi dari sistem analog PAL G. Emisi yang tidak diinginkan ini disebut *unwanted emission mask*. Tabel 3.1, 3.2 dan 3.3 memperlihatkan nilai – nilai *breakpoint unwanted emission mask* pada sistem DVB-T, DVB-H dan sistem analog PAL G. Dan Gambar 3.1, 3.2 dan 3.3 mengilustrasikan grafik *unwanted emission mask* pada sistem DVB-T, DVB-H dan sistem analog PAL G.

Tabel 3.1 *Unwanted emission mask transmitter* DVB-T [2]:

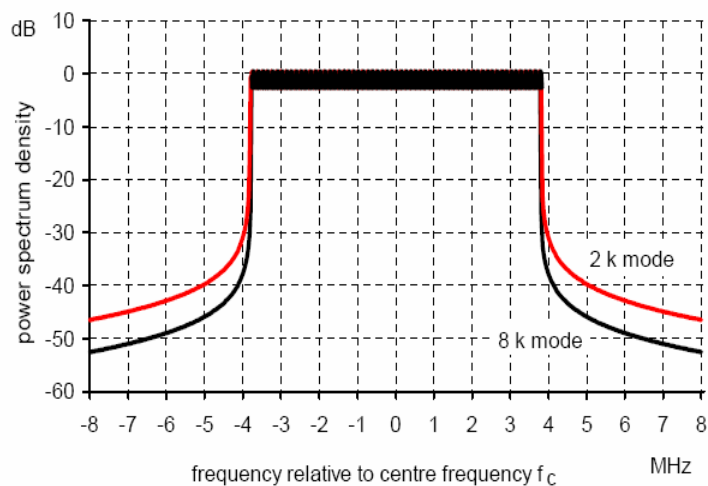
frekuensi (kHz)	Unwanted emission mask (dBc)	BW referensi (kHz)
-8	-52	1000
-6	-50	1000
-4	-40	1000
-3,8	0	1000
3,8	0	1000
4	-40	1000
6	-50	1000
8	-52	1000

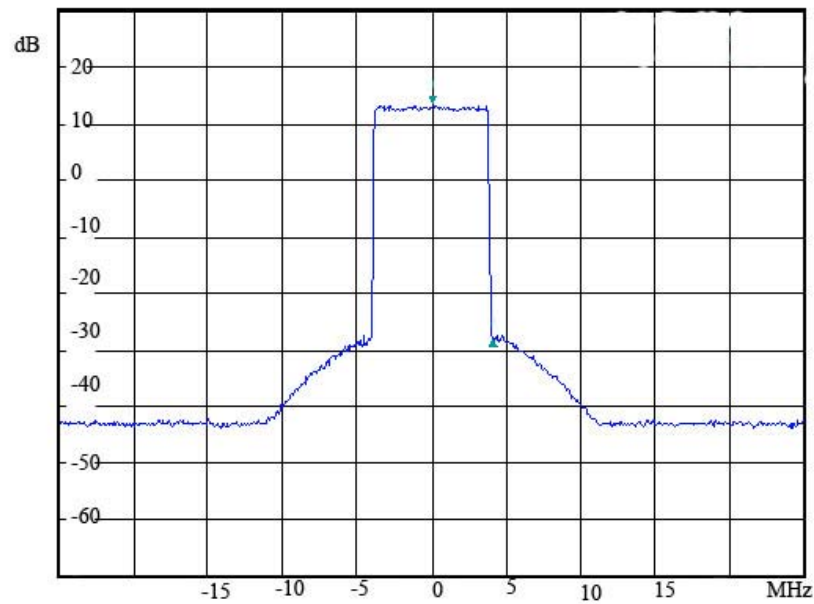
Tabel 3.2 *Unwanted emission mask transmitter DVB-H* [13]:

frekuensi (kHz)	Unwanted emission mask (dBc)	BW referensi (kHz)
-12	-52	1000
-10	-50	1000
-5,2	-40	1000
-4	3	1000
4	3	1000
5,2	-40	1000
10	-50	1000
12	-52	1000

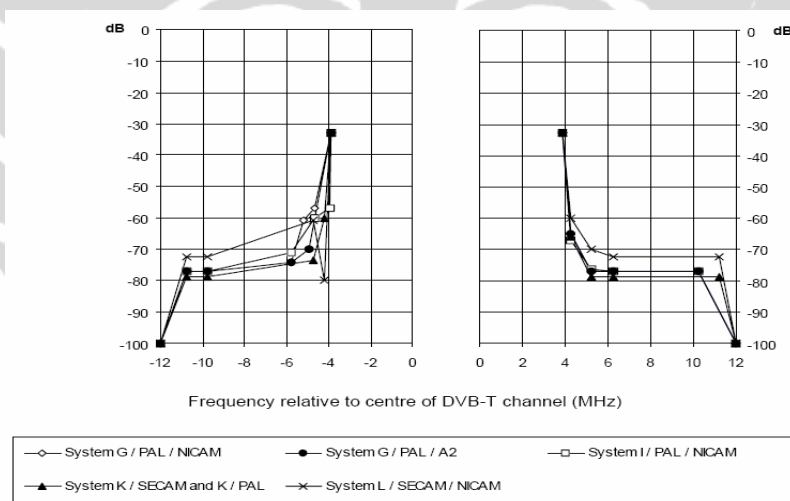
Tabel 3.3 *Unwanted emission mask transmitter analog PAL G* [2]:

frekuensi (kHz)	Unwanted emission mask (dBc)	BW referensi (kHz)
-12	-100	1000
-10,25	-76,9	1000
-4,25	-64,9	1000
-3,9	-32,8	1000
3,9	-32,8	1000
4,25	-64,9	1000
10,25	-76,9	1000
12	-100	1000

Gambar 3.1 *Emission mask DVB-T* [2]



Gambar 3.2 Emission mask DVB-H [13]



Gambar 3.3 Emission mask analog PAL G [2]

Salah satu penyebab terjadinya interferensi antar sistem adalah desensitisasi *receiver*. Desensitisasi adalah berkurangnya sensitivitas *receiver* dan *gain* sinyal dari sinyal yang diinginkan karena emisi sinyal sistem lain yang terlalu kuat jatuh pada *bandwidth* RF *receiver*. Oleh sebab itu, *receiver* harus meredam emisi sinyal tersebut (*blocking*). Karakteristik *blocking receiver* (atau sering juga disebut level desensitisasi) pada sistem DVB-T, DVB-H dan sistem analog PAL G dapat dilihat pada Tabel 3.4, 3.5, 3.6 dan Gambar 3.4, 3.5, 3.6 dibawah ini.

Tabel 3.4 Karakteristik *blocking receiver* DVB-T [2]

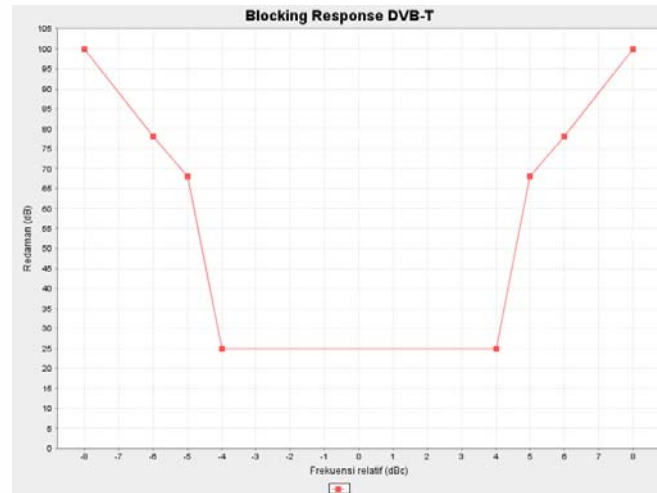
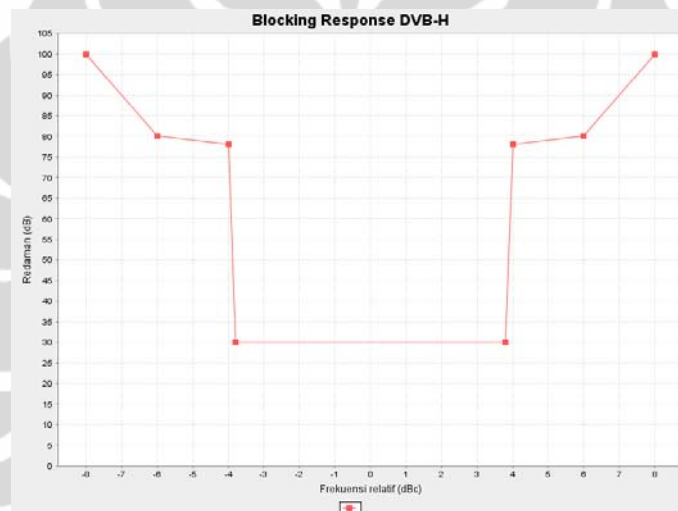
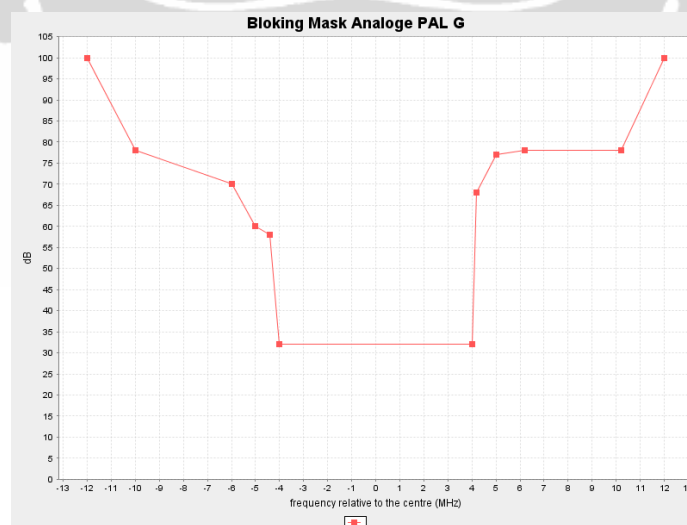
frekuensi (kHz)	Blocking response (dBm)
-8	100
-6	78
-4	68
-3,8	25
3,8	25
4	68
6	78
8	100

Tabel 3.5 Karakteristik *blocking receiver* DVB-H [13]

frekuensi (kHz)	Blocking response (dBm)
-8	100
-6	80
-4	78
-3,8	30
3,8	30
4	78
6	80
8	100

Tabel 3.6 Karakteristik *blocking receiver* analog PAL G [2]

frekuensi (kHz)	Blocking response (dBm)
-12	100
-10	78
-5	68
-4	32
4	32
5	68
10,2	78
12	100

Gambar 3.4 *Blocking mask DVB-T* [2]Gambar 3.5 *Blocking mask DVB-H* [13]Gambar 3.6 *Blocking mask analog PAL G* [2]

3.1.2 Pemodelan Propagasi dan kondisi lingkungan

Persamaan *path loss* terdiri dari *median path loss* dan *variance*. *Median path loss* menunjukkan propagasi skala besar, sedangkan *variance* menunjukkan propagasi skala kecil/*fading*. Dua model Propagasi yang digunakan adalah Model Propagasi ITU-R. 1546 dan model propagasi Okomura-Hatta. Parameter – parameter yang digunakan pada model propagasi ITU-R 1546 adalah sebagai berikut:

- Persentasi waktu = 50 %
- Sistem *transmitter* = analog dan digital
- Lebarpita *transmitter* = 8 MHz
- Kondisi lingkungan = *urban*

Perhitungan prediksi model propagasi ITU-R 1546 menggunakan rumus pada persamaan (2-6).

Model Propagasi Okomura-Hatta dikembangkan pada lingkungan *non-Line Of Sight (LOS)*, baik urban, suburban, maupun rural. Model Hata aplikatif untuk kepentingan *broadcasting, terrestrial* dan selular dengan frekuensi 150-1500 MHz, tinggi antenna *mobile station* 1-10 meter dari tanah, dan tinggi antenna *base station* 30-200 meter dari tanah. *Median path loss* pada model propagasi Hata (dalam lingkungan urban, posisi *mobile station* dan *base station outdoor*) dapat dituliskan dalam persamaan – persamaan pada Tabel 3.7 [14].

Tabel 3.7 *Median path loss* pada propagasi Okumura Hata

Rentang jarak	<i>Median path loss</i>
$d \leq 0.04$ km	$L = 32.45 + 20 \log f_C + 10 \log [d^2 + (h_{BS} - h_{MS})^2/10^6]$ dB
0.04 km $< d \leq 0.1$ km	$L = [L(0.04) + (\log d - \log 0.04)/(\log 0.1 - \log 0.04)] \times [L(0.1) - L(0.04)]$ dB
$d > 0.1$ km	$L = 69.55 + 26.16 \log f_C - 13.82 \log h_{BS} - a(h_{BS}) + (44.9 - 6.55 \log h_{BS}) \log d$ dB

Untuk lingkungan propagasi berupa kota berskala kecil hingga menengah:

$$a(h_{MS}) = (1.1 \log f_C - 0.7) h_{MS} - (1.56 \log f_C - 0.8) \text{ dB}$$

Untuk kota berskala besar:

$$a(h_{MS}) = 8.29 (\log 1.54 h_{MS})^2 - 1.1 \text{ dB} \quad \text{untuk } f_C \leq 300 \text{ MHz}$$

$$a(h_{MS}) = 3.2 (\log 11.75 h_{MS})^2 - 4.97 \text{ dB} \quad \text{untuk } f_C \geq 300 \text{ MHz}$$

h_{MS} = tinggi antena *mobile station*, 1-10 m

h_{BS} = tinggi antena *base station*. 30-200 m

f_c = frekuensi *carrier*, MHz

d = jarak antara *base station* dan *mobile station*, km

Sedangkan, *path loss variance* (lingkungan *base station* dan *mobile station outdoor*, di luar atau di atas bangunan) dapat dituliskan dalam persamaan pada Tabel 3.8.

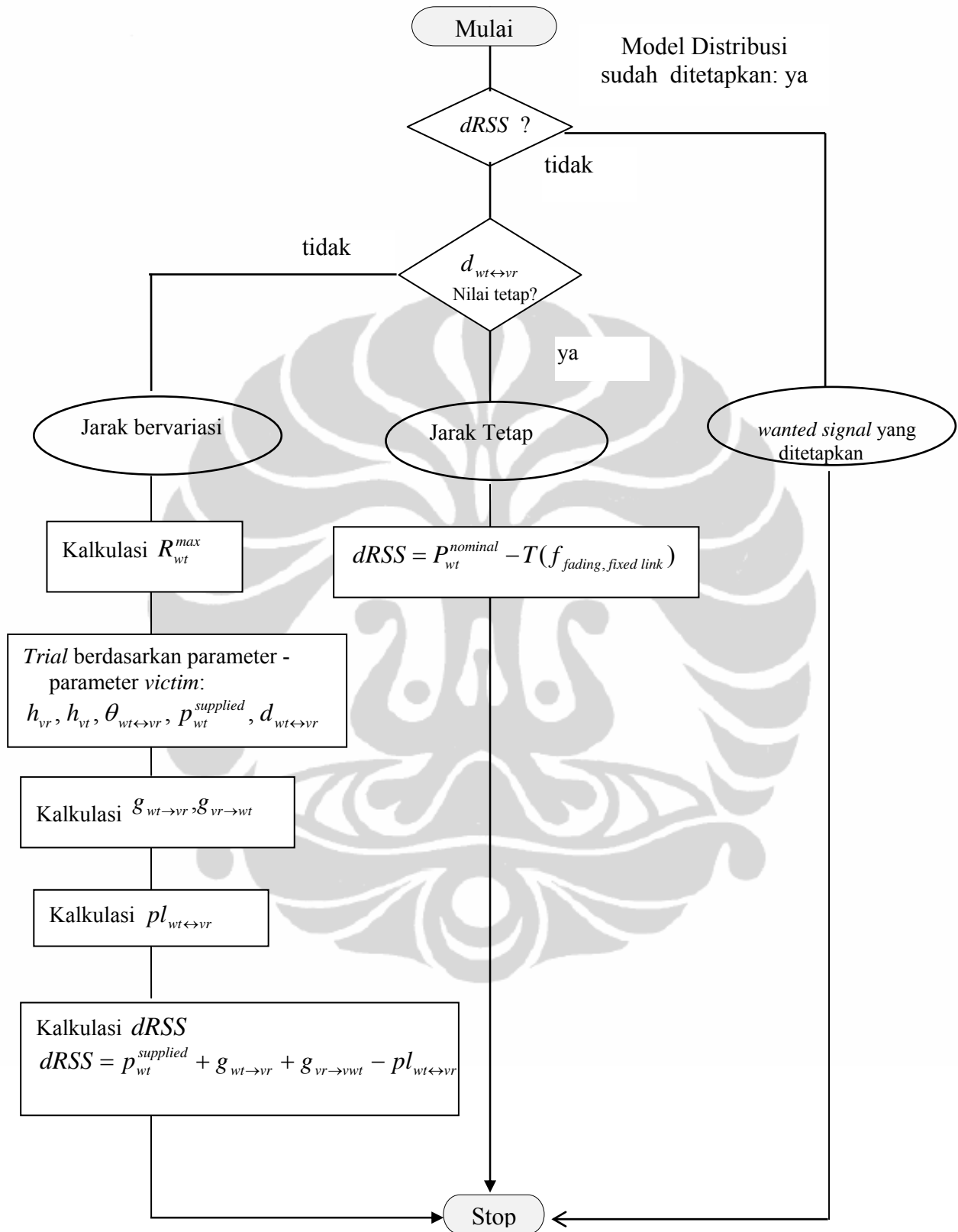
Tabel 3.8 *Variance path loss* pada propagasi Okumura Hata

Rentang jarak	Standar Deviasi (<i>Variance</i>)
$d \leq 0.04$ km	$\sigma = 3.5$ dB
0.04 km $< d \leq 0.1$ km	$\sigma = 3.5 + [(12 - 3.5) / (0.1 - 0.04)] \times (d - 0.04)$ dB
0.1 km $< d \leq 0.2$ km	$\sigma = 12$ dB
0.2 km $< d \leq 0.6$ km	$\sigma = 12 + [(9 - 12) / (0.6 - 0.2)] \times (d - 0.2)$ dB
0.6 km $< d$	$\sigma = 9$ dB

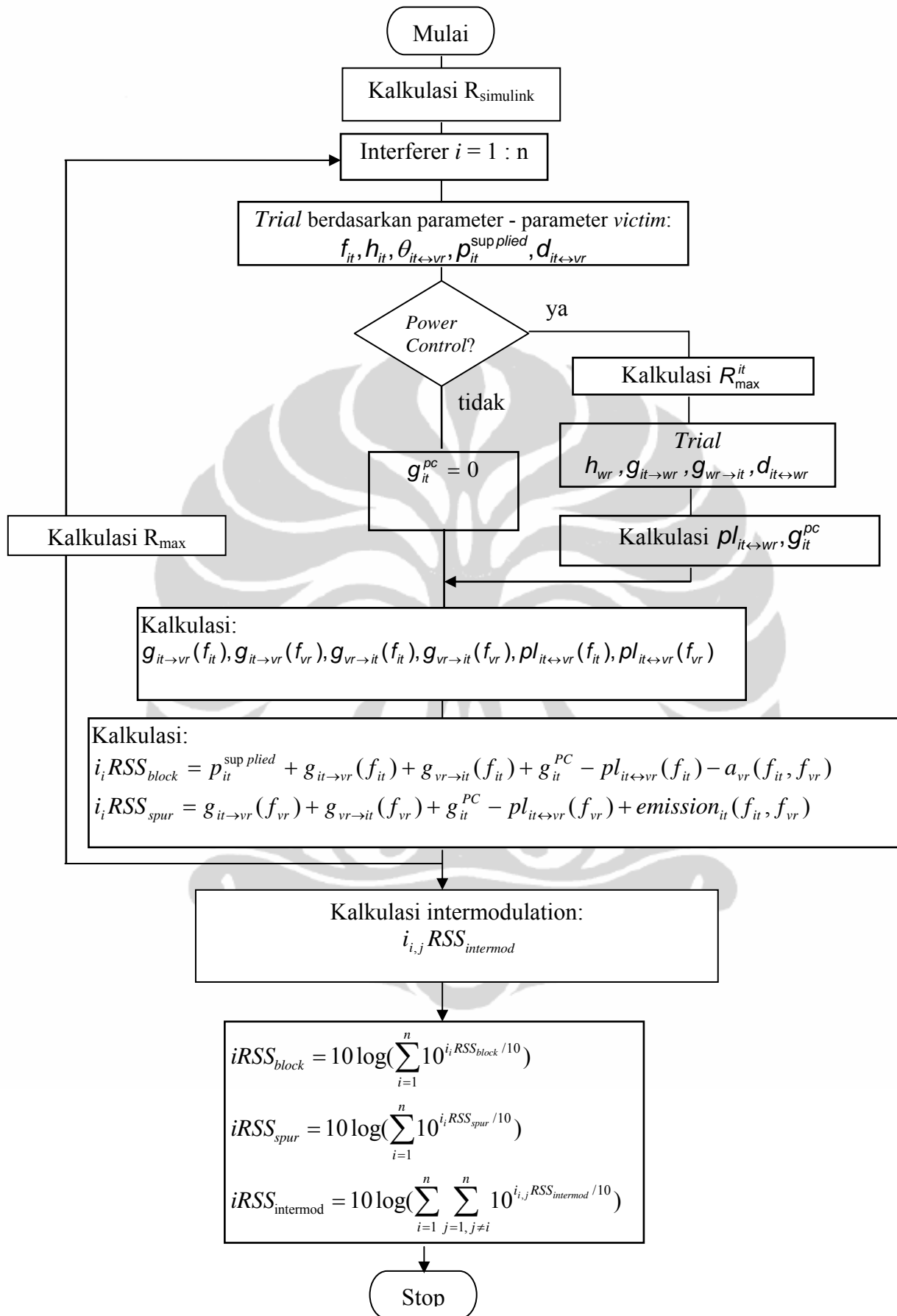
3.1.3 Perhitungan dRSS, iRSS dan probabilitas interferensi

Flowchart kalkulasi dRSS, iRSS dan probabilitas interferensi pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.7, Gambar 3.8 dan Gambar 3.9. Pada Gambar 3.7 *flowchart* kalkulasi dRSS diawali dengan pengecekan model distribusi dRSS, jika sudah ditetapkan maka proses berlanjut ke kalkulasi interferensi, jika model distribusi dRSS tidak ditetapkan maka dilakukan tahapan kalkulasi dRSS, untuk $d_{wt \rightarrow vr}$ (jarak *wanted transmitter* dan *victim receiver*) tetap nilai dRSS adalah besarnya distribusi daya *transmitter* dikurangi rugi – rugi *fading* untuk kondisi *fixed link*. Untuk $d_{wt \rightarrow vr}$ bervariasi, terlebih dahulu dilakukan kalkulasi distribusi jarak maksimum *transmitter*, kemudian berdasarkan parameter – parameter *victim receiver* dilakukan kalkulasi $g_{wt \rightarrow vr} > g_{vr \rightarrow wt}$, $pl_{wt \leftrightarrow vr}$ lalu kalkulasi dRSS menggunakan persamaan (2-7).

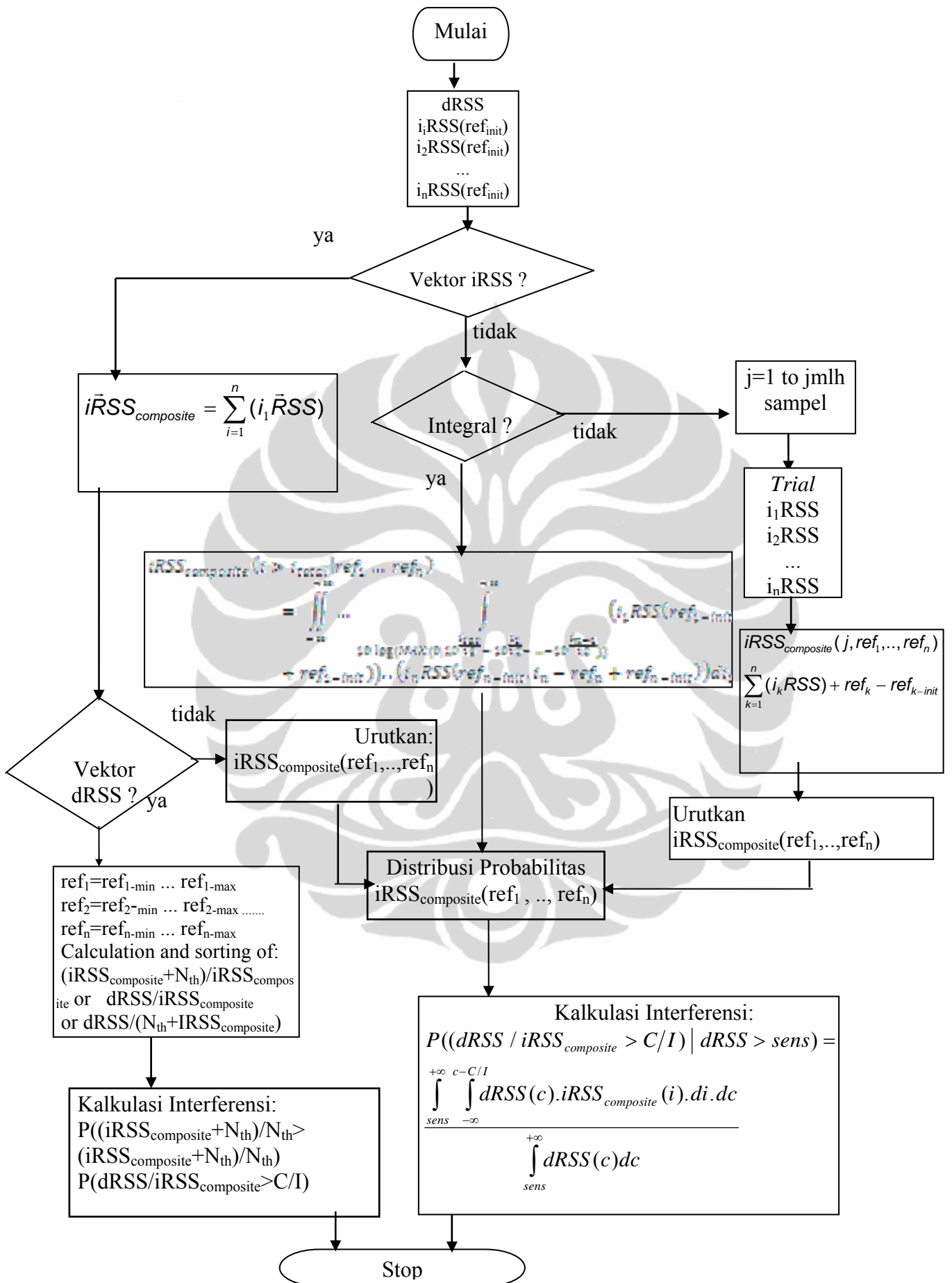
Kalkulasi iRSS menggunakan persamaan (2-8). Kalkulasi besarnya rasio sinyal yang diinginkan dan sinyal penginterferensi (C/I) menggunakan persamaan (2-10).



Gambar 3.7 Flowchart kalkulasi dRSS



Gambar 3.8 Flowchart kalkulasi iRSS



Gambar 3.9 Flowchart kalkulasi probabilitas interferensi

3.2 SIMULASI INTERFERENSI

Pada simulasi penelitian interferensi ini, ada empat skenario interferensi yang akan disimulasikan, yaitu:

1. Transmitter DVB-T menginterferensi Penerima sistem analog PAL G
2. Transmitter sistem analog PAL G menginterferensi Penerima DVB-T
3. Transmitter DVB-H menginterferensi Penerima sistem analog PAL G
4. Transmitter sistem analog PAL G menginterferensi Penerima DVB-H

3.2.1 Skenario 1, *transmitter* DVB-T menginterferensi penerima sistem analog PAL G

Model *Interfering link*, *victim link* dan model propagasi yang digunakan:

- *Victim link*: Downlink analog pada kanal 41 (Indosiar, 631.25 MHz)
- *Victim receiver*: TV analog dengan antena *rooftop* 10 m
- *Wanted Transmitter* : Transmitter Indosiar, tinggi 328 m, daya 92,23 dBm, antena *gain* 15,9 dBi,
- *Wanted transmitter to Victim receiver path*: Model Propagasi ITU-R. 1546
- *Interfering link*: DVB-T *downlink*, kanal 40 (626 MHz)
- *Interfering transmitter*: Transmitter DVB-T, tinggi 120 m, daya 74 dBm
- *Wanted receiver*: DVB-T receiver, *gain* 10 dBi
- *Interfering transmitter to Wanted receiver path*: Model Propagasi ITU-R. 1546

3.2.2 Skenario 2, *transmitter* sistem analog PAL G menginterferensi Penerima DVB-T

Model *Interfering link*, *victim link* dan model propagasi yang digunakan:

- *Victim link*: DVB-T *downlink*, kanal 40 (626 MHz)
- *Victim receiver*: DVB-T receiver, *gain* 10 dBi
- *Wanted Transmitter* : Transmitter DVB-T, tinggi 120 m, daya 74 dBm
- *Wanted transmitter to Victim receiver path*: Model Propagasi ITU-R. 1546
- *Interfering link*: Downlink analog pada kanal 41 (Indosiar, 631.25 MHz)
- *Interfering transmitter*: Transmitter Indosiar, tinggi 328 m, daya 92,23 dBm, antena *gain* 15,9 dBi
- *Wanted receiver*: TV analog dengan antena *rooftop* 10 m
- *Interfering transmitter to Wanted receiver path*: Model Propagasi ITU-R. 1546

3.2.3 Skenario 3, *transmitter* DVB-H menginterferensi Penerima sistem analog PAL G

Model *Interfering link*, *victim link* dan model propagasi yang digunakan:

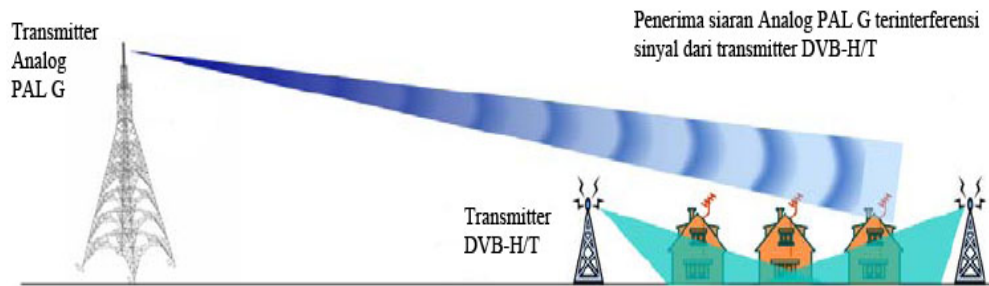
- *Victim link*: Downlink analog pada kanal 27 (Spaceton, 519.25 MHz)
- *Victim receiver*: TV analog dengan antenna *rooftop* 10 m
- *Wanted Transmitter* : *Transmitter* Spaceton, tinggi 260 m, daya 60 dBm, antenna *gain* 13 dBi,
- *Wanted transmitter to Victim receiver path*: Model Propagasi ITU-R. 1546
- *Interfering link*: DVB-H *downlink*, kanal 26 (514 MHz)
- *Interfering transmitter*: *Transmitter* DVB-H, tinggi 92 m, daya 54,77 dBm
- *Wanted receiver*: DVB-H receiver, *gain* -10 dBi
- *Interfering transmitter to Wanted receiver path*: Model Propagasi Okumura Hata

3.2.4 Skenario 4, *transmitter* sistem analog PAL G menginterferensi Penerima DVB-H

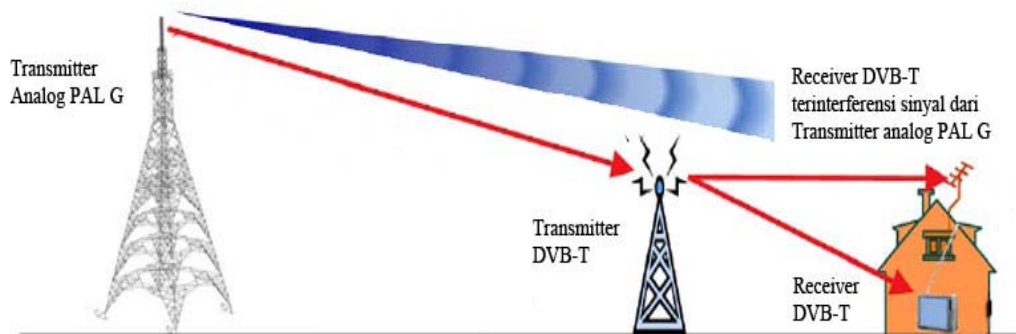
Model *Interfering link*, *victim link* dan model propagasi yang digunakan:

- *Victim link*: DVB-H *downlink*, kanal 26 (514 MHz)
- *Victim receiver*: DVB-H receiver, *gain* -10 dBi
- *Wanted Transmitter* : *Transmitter* DVB-H, tinggi 92 m, daya 54,77 dBm
- *Wanted transmitter to Victim receiver path*: Model Propagasi Okumura Hata
- *Interfering link*: Downlink analog pada kanal 27 (Spaceton, 519.25 MHz)
- *Interfering transmitter*: *Transmitter* Spaceton, tinggi 260 m, daya 60 dBm, antenna *gain* 13 dBi *Wanted receiver*: TV analog dengan antenna *rooftop* 10 m
- *Interfering transmitter to Wanted receiver path*: Model Propagasi ITU-R. 1546

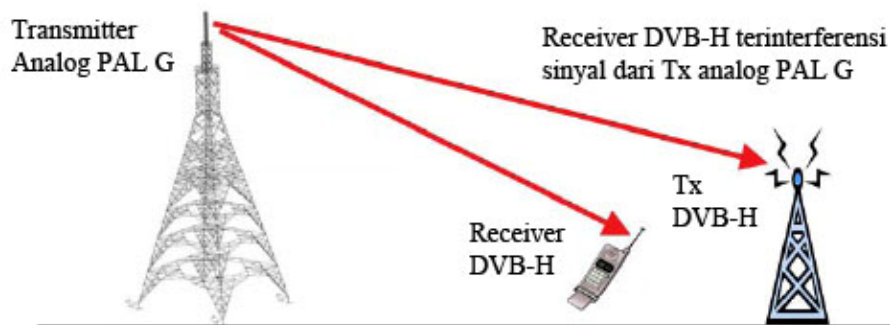
Ilustrasi skenario 1 dan 3 dapat dilihat pada Gambar 3.10. Ilustrasi skenario 2 dapat dilihat pada Gambar 3.11 dan Ilustrasi skenario 4 dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3.10 Ilustrasi skenario 1 dan 3



Gambar 3.11 Ilustrasi skenario 2



Gambar 3.12 Ilustrasi skenario 4

3.3 TEKNIK-TEKNIK MITIGASI INTERFERENSI

Beberapa teknik mitigasi interferensi kanal berdekatan pada DVB-T/H dan sistem analog PAL G antara lain:

- Pembatasan emisi dengan *Blok edge mask transmitter*
- *Co-siting transmitter*
- *Guardband*
- *Directivity discrimination* dikombinasikan dengan sektorisasi antena transmitter

- *Cross-polarization discrimination*
- Menggunakan sistem varian DVB-T/H yang lebih *robust*

Pada penelitian ini, teknik mitigasi interferensi yang dianalisis adalah pembatasan emisi dengan *Blok edge mask transmitter* dan *Co-siting transmitter*.

3.3.1 Pembatasan emisi dengan *Blok edge mask transmitter*

Kurva emisi *mask* terdiri dari beberapa segmen dan *power spectral density* yang dapat direpresentasikan dengan persamaan linear pada tiap segmen sebagai [15]: $S_{dB}(f) = af + b$ (3-1)

Dengan:

S = *power spectral density*,

a dan b = konstanta,

f = frekuensi.

Untuk menghitung level daya *unwanted* yang diinjeksikan ke *adjacent band*, diperlukan pengukuran spektrum relatif dengan lebarpita 300 Hz yang dinotasikan dengan G , terhadap *power spectral density* sebenarnya yang dinotasikan dengan S . Jika diasumsikan level daya G direpresentasikan dengan persamaan linear $G = a'f + b'$, hubungan antara $G(f_c)$ dan $S(f_c)$ dapat direpresentasikan sebagai berikut:

$$G(f_c) = \exp(k(af_c + b)) \frac{\sinh(\alpha B)}{\alpha} \dots\dots\dots(3-2)$$

Dimana:

$k = \ln(10)/10$,

$\alpha = ka/2$, dan

f_c = frekuensi pusat dengan lebarpita B .

Power spectral density (dalam decibel) dikalkulasi menggunakan persamaan (3-3) dan diperoleh koefisien- koefisiennya pada persamaan (3-4) dan (3-5).

$$G_{dB}(f_c) = 10 \log(G(f_c)) = \frac{1}{k} \ln(G(f_c)) = a'f_c + b' \quad (3-3)$$

$$a = a' \quad (3-4)$$

$$b = b' - \frac{1}{k} \ln \left(\frac{\sinh(\alpha B)}{\alpha} \right) \quad (3-5)$$

Jika menggunakan pendekatan $a' = 0$, persamaan untuk b menjadi:

$$b = b' - \frac{1}{k} \ln(B) \quad (3-6)$$

Untuk mengkalkulasi daya *Out of Band* (OoB) yang masih bisa diterima berdasarkan prosedur diatas, persamaan $S_{dB}(f) = af + b$ harus diturunkan terlebih dahulu dan kemudian diintegrasikan pada persamaan *adjacent channel bandwidth*, dan didapatkan

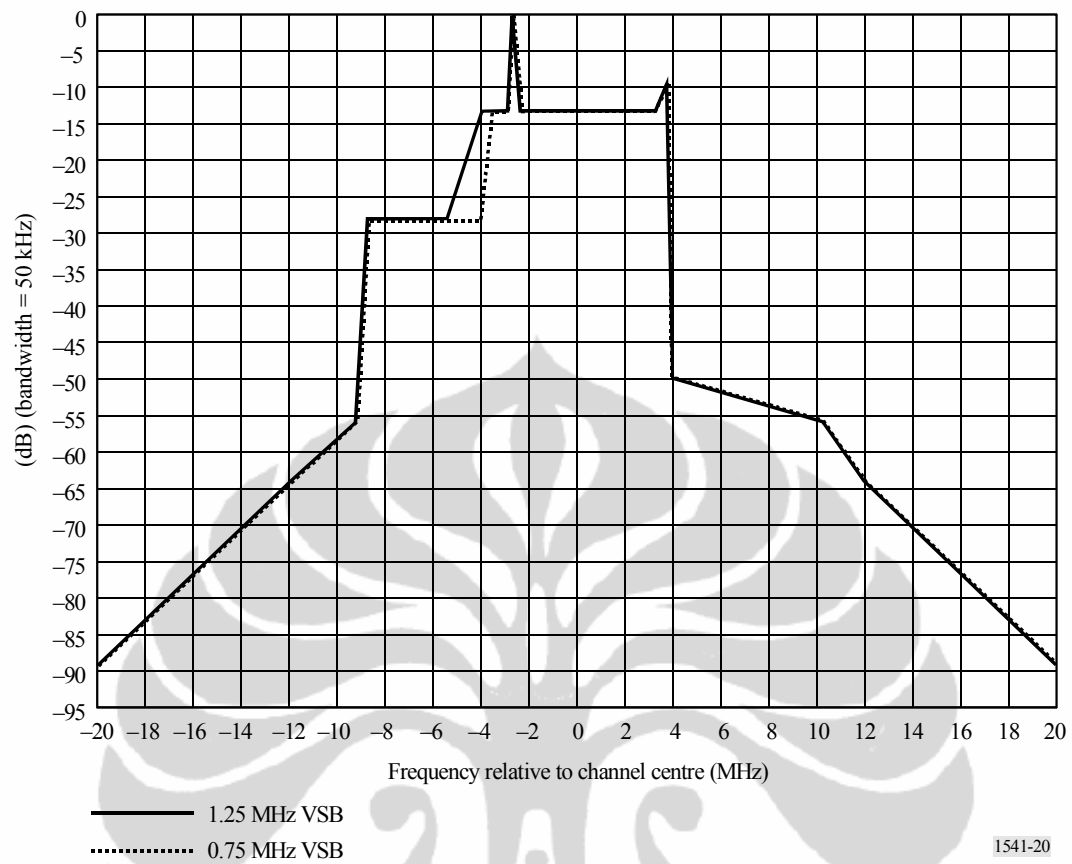
$$\text{Daya OoB yang masih dapat diterima} = \int_W 10^{[S_{dB}(f)/10]} df \quad (3-7)$$

dimana W adalah *adjacent channel bandwidth*.

Berdasarkan kalkulasi menggunakan rumus – rumus *out of band emission*, didapatkan nilai *block edge mask* untuk siaran analog yang ditabulasikan pada Tabel 3.9 dan grafiknya pada Gambar 3.13 dan nilai nilai *block edge mask* untuk siaran digital yang ditabulasikan pada Tabel 3.10 dan grafiknya pada Gambar 3.14.

Tabel 3.9 *Break point* untuk 8 MHz analogue television, dengan modulasi negatif, 0.75 MHz and 1.25 MHz VSB

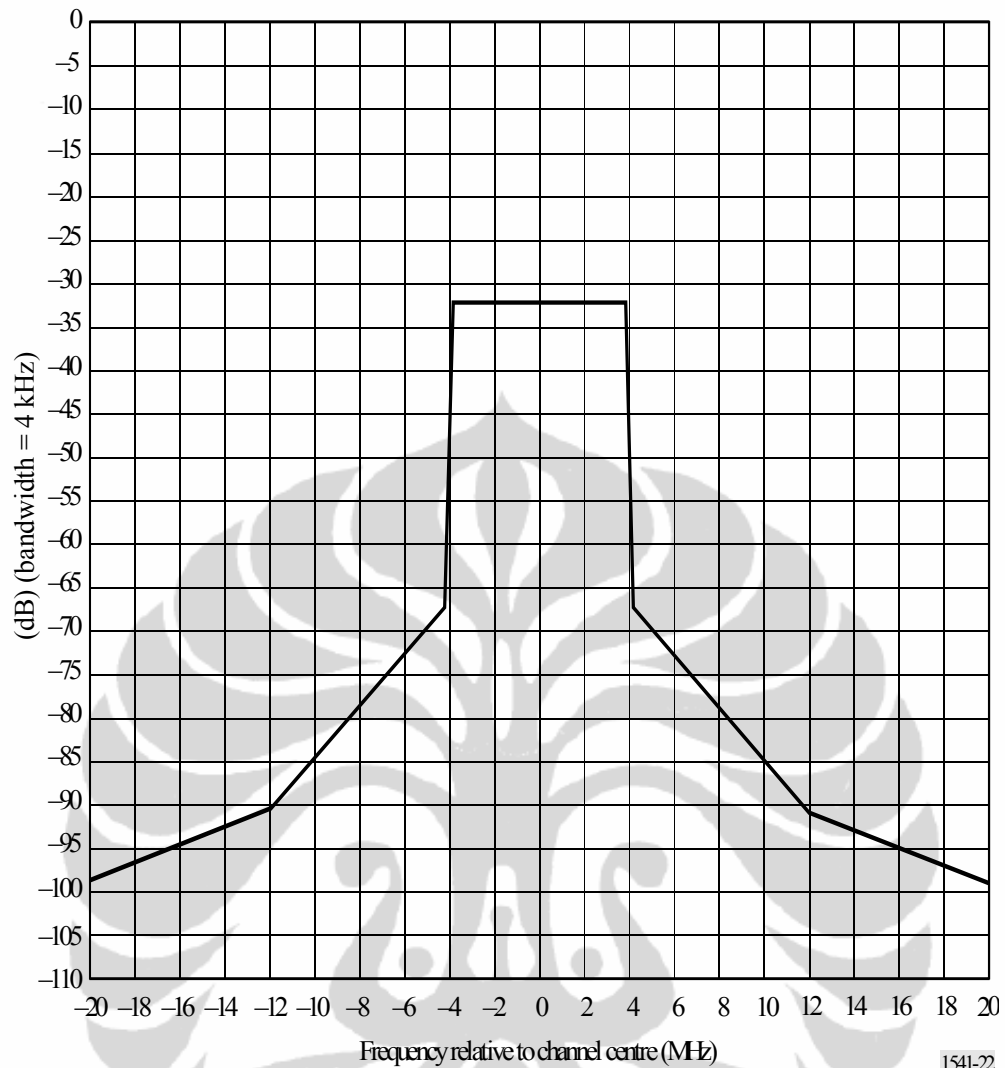
Frequency relative to the vision carrier frequency	Frequency relative to the centre of the 8 MHz channel	Relative level in 50 kHz measurement bandwidth 0.75 MHz VSB (dB)	Relative level in 50 kHz measurement bandwidth 1.25 MHz VSB (dB)
-17.25	-20	-90.5	-90.5
-9.25	-12	-65.5	-65.5
-6.5	-9.25	-56	-56
-6	-8.75	-36	-36
-3	-5.75	-36	-36
-1.25	-4	-36	-16
-0.75	-3.5	-16	-16
-0.18	-2.93	-16	-16
0	-2.75	0	0
0.18	-2.57	-16	-16
5	2.25	-16	-16
5.435	2.685	-10	-10
6.565	3.815	-10	-10
6.802	4.052	-25	-25
6.94	4.19	-50	-50
13	10.25	-56	-56
14.75	12	-65.5	-65.5
22.75	20	-90.5	-90.5

Spectrum limit mask for 8 MHz analogue television, positive modulation (for $P = 39$ to 50 dBW)

Gambar 3.13 BEM sistem analog

Tabel 3.10 Break point untuk 8 MHz sistem DVB-T/H

Frequency relative to the centre of the 8 MHz channel	Relative level in 4 kHz measurement bandwidth (dB)
-20	-99
-12	-91
-4.2	-67.8
-3.81	-32.8
3.81	-32.8
4.2	-67.8
12	-91
20	-99



Gambar 3.14 BEM sistem digital

3.3.2 Co-siting transmitter

Co-siting transmitter adalah salah satu teknik untuk mengurangi interferensi kanal berdekatan dengan cara menempatkan dua atau lebih *transmitter* di lokasi (*site*) yang sama. Gambar *co-sitting transmitter* DVB-T, analog dan radio digital dapat dilihat pada Gambar 3.15. Pada gambar tersebut, sedang dilakukan pemasangan *transmitter* baru menggunakan helikopter.

Pada penelitian ini disimulasikan teknik *co-siting* dengan menempatkan *transmitter* sistem penyiaran digital dan analog yang frekuensinya berdekatan pada lokasi yang sama. Teknik mitigasi ini paling efektif untuk menghindari interferensi kanal berdekatan (*adjacent channel interference*) [16,17,18].



Gambar 3.15 *Co-siting Transmitter*