

BAB III

KAJIAN REFERENSI *DIGITAL DIVIDEND*

3.1 UMUM

Secara umum *digital dividend* didefinisikan sebagai spektrum frekuensi radio yang tersedia sebagai hasil dari peralihan sistem penyiaran dari teknologi analog ke teknologi digital secara penuh. Spektrum frekuensi radio yang tersedia tersebut dapat digunakan untuk aplikasi teknologi informasi dan komunikasi. Beberapa aplikasi yang potensial untuk diterapkan dengan memanfaatkan *digital dividend* antara lain:

1. *National Digital Terrestrial Television.*

Spektrum *digital dividend* dapat dimanfaatkan untuk layanan penyiaran televisi digital terrestrial dengan cakupan wilayah siaran nasional berbasis *free-to-air* (tidak berbayar). Format siaran bisa dalam *Standard Definition (SD)* seperti penyiaran televisi analog saat sekarang ini atau *High Definition (HD)*.

2. *Local Digital Terrestrial Television.*

Spektrum *digital dividend* dapat dimanfaatkan untuk layanan penyiaran televisi digital terrestrial dengan cakupan wilayah siaran lokal (komunitas).

3. *Mobile Multimedia*

Spektrum *digital dividend* dapat dimanfaatkan untuk aplikasi layanan untuk menyediakan layanan penyiaran yang dapat diterima dengan menggunakan *mobile handset*.

4. *Programme Making and Special Events (PMSE)*

Spektrum frekuensi radio pada pita UHF umumnya digunakan untuk radio microphones, in-ear monitors (IEMs), *talkback* dan *point-to-point audio links*.

5. *Cellular/ Broadband Wireless Access (BWA).*

Spektrum digital dividend bisa dimanfaatkan untuk layanan seluler atau BWA. Teknologi yang bisa diterapkan antara lain 3G dan pengembangannya, WiMax, dan UMTS.

6. *Private Mobile Radio (PMR)* dan *Public Access Mobile Radio (PAMR)*. *Private Mobile Radio (PMR)* adalah suatu sistem yang biasa digunakan oleh perusahaan-perusahaan taksi, sementara *Public Access Mobile Radio (PAMR)* adalah suatu sistem yang biasa digunakan oleh organisasi-organisasi tertentu, misalnya layanan ambulans.
7. *License-exempt Services*.
Spektrum digital dividend dapat juga digunakan untuk layanan *licence exempt* seperti aplikasi *wireless 'last-mile' (home network)*, *Ultra Wide Band (UWB)*, *safety-of-life applications*, *transport congestion alleviation*, *automated buildings*, *RFIDs*, and *medical sensors*, dan lain-lain.

Beberapa pertimbangan pemanfaatan spektrum digital dividend dilihat dari kebutuhan spektrum untuk setiap aplikasi adalah sebagai berikut [9]:

1. *National Digital Terrestrial Television*. (TV Nasional)
Penyelenggara membutuhkan kanal *unpaired* 8 MHz. Pada umumnya juga penyelenggara menginginkan akses terhadap kanal dengan *high-power transmission right* dan *interference protection right*.
2. *Local Digital Terrestrial Television* (TV Lokal)
Ada beberapa metode untuk mengimplementasikan kanal TV Nasional. Salah satu caranya adalah dengan teknologi *Add/ Drop*. Metode ini bekerja dengan cara menggantikan kanal-kanal program siaran TV Nasional dengan konten lokal pada lokasi-lokasi tertentu. Metode lainnya adalah dengan menggunakan *individual low-power transmitter sites* untuk melakukan siaran pada komunitas lokalnya, atau dengan menggunakan multiplex dengan cakupan nasional yang dikhususkan untuk TV Lokal yang dimungkinkan dengan menggunakan *low-capacity multiplex* dengan sistem modulasi *Quadrature Phase Shift Keying (QPSK)*.
3. *Mobile Multimedia*
Kanal 8 MHz sudah cukup untuk implementasi aplikasi Mobile Multimedia dengan jumlah kanal program yang disalurkan dapat mencapai kurang lebih 20 (dua puluh) kanal program. Penyelenggara harus dapat menawarkan

layanan dengan cakupan nasional dengan menggunakan metode *Single-Frequency Network* (SFN) dengan kanal 8 MHz. Metode *Multi-Frequency Network* (MFN) dapat digunakan jika menginginkan untuk menawarkan konten-konten lokal, tetapi kemungkinan akan *interleave* dengan layanan lainnya.

4. *Programme Making and Special Events* (PMSE)

Teknologi PMSE dapat *interleave* dengan layanan *Digital Terrestrial Television* dan layanan lain yang bukan sistem '*high-density*' (seperti selular).

5. *Cellular/ Broadband Wireless Access* (BWA)

Penyelenggara layanan selular menginginkan penggunaan kanal *paired* 5 MHz. Sedangkan BWA lebih fleksibel dalam ukuran kanal yang digunakan, tetapi umumnya kanal yang digunakan adalah kelipatan 5 atau 10 MHz.

6. *Private Mobile Radio* (PMR) dan *Public Access Mobile Radio* (PAMR).
Private Mobile Radio (PMR).

Untuk layanan yang menggunakan video membutuhkan kanal 8 MHz dan dapat *interleave* dengan layanan lainnya.

7. *License-exempt Services*

Dianjurkan penggunaan tiga kanal 8 MHz yang dibersihkan secara nasional untuk penggunaan layanan ini, dengan batasan daya sekitar 100 mW, tetapi dimungkinkan juga dapat menggunakan spektrum secara *interleave* dengan layanan lainnya. Juga dimungkinkan penggunaan layanan ini dengan menggunakan teknik '*detect and avoid*' untuk berbagi spektrum frekuensi dengan penggunaan lainnya.

3.2 BATASAN DALAM PEMANFAATAN SPEKTRUM

Pemanfaatan spektrum *digital dividend* sangat bergantung pada persyaratan spektrum yang digunakan, sifat alami transmisinya (misalnya *level* daya, 2 arah atau 1 arah), dan tingkat interferensi yang diperbolehkan. Sehingga pemanfaatan spektrum digital dividend harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- a. Persyaratan spektrum layanan.
- b. Perlindungan terhadap penggunaan spektrum pada pita frekuensi UHF yang sudah terlebih dahulu ada.
- c. Batasan penggunaan karena adanya perjanjian internasional untuk penggunaan spektrum di daerah – daerah perbatasan (*cross border*) antar negara.
- d. Interferensi dengan pengguna spektrum *digital dividend* lainnya.

Tabel 3.1 Persyaratan Potensi Penggunaan Spektrum *Digital Dividend* [9]

Penggunaan	Paket Kanal	Keterarahan	Geografis	Keterangan
National Digital Terrestrial Television	Multipleks yang diperoleh dari beberapa kanal 8 MHz	<i>Downlink Only</i>	Nasional	Jumlah kanal 8 MHz tergantung pada kapasitas dan cakupan
Local Digital Terrestrial Television	Kanal tunggal 8 MHz	<i>Downlink Only</i>	Lokal	
Mobile Multimedia	Kanal 1,7 MHz sampai dengan 8 MHz	<i>Downlink Only</i>	Nasional	Penggunaan beberapa kanal dengan metode MFN dimungkinkan
Cellular	Kanal <i>paired</i> 5 MHz, diperlukan pemisahan frekuensi secara khusus	<i>Downlink</i> dan <i>Uplink</i> (membutuhkan pasangan kanal)	Nasional	Harus diharmonisasikan secara internasional atau menggunakan frekuensi yang terpisah antara <i>downlink</i> dan <i>uplink</i>
Wireless Broadband	Kanal 3,5 MHz sampai dengan 40 MHz	<i>Downlink</i> dan <i>Uplink</i> (kanal tunggal dengan TDD)	Nasional	
PMSE	Beragam-macam, umumnya kanal 200 KHz	Umumnya 1 arah	Lokal (penggunaan dengan daya rendah)	

Batasan interferensi dengan pengguna spektrum *digital dividend* lainnya adalah sebagai berikut:

- a. *Co-channel interference* atau interferensi pada kanal yang sama, biasanya terjadi antar penyelenggara pada wilayah geografis yang berbeda.
- b. *Adjacent-channel interference* atau interferensi pada kanal yang berdekatan, biasanya terjadi antar penyelenggara pada wilayah geografis yang sama.

3.2.1 Proteksi Layanan *Digital Terrestrial Television* (DTT) pada Kanal yang Sama (*co-channel interference*)

Penggunaan *interleaved spectrum* untuk layanan-layanan baru dibatasi oleh kebutuhan untuk melindungi multiplex DTT. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah dengan pemisahan geografis sebagaimana tercantum pada Tabel 3.2. Secara umum terlihat bahwa pemisahan geografis yang dibutuhkan bervariasi tergantung dari penggunaan spektrum *digital dividen* yang berbeda-beda.

Tabel 3.2 Proteksi layanan DTT dengan Pemisahan Geografis [9]

Layanan Transmitting	Layanan Receiving	Pemisahan Geografis yang Dibutuhkan
DTT	DTT	Umumnya dibutuhkan pemisahan sejauh 130 km antar <i>transmitter</i> untuk meminimalisasi interferensi. Pemisahan sejauh 30 km dibutuhkan untuk <i>transmitter Local</i> DTT dengan daya rendah sampai ke ujung wilayah cakupan multiplex.
<i>Mobile Multimedia</i>	DTT	Dibutuhkan pemisahan sejauh 18 km antara <i>transmitter Mobile Multimedia</i> dengan ujung wilayah cakupan DTT.
<i>Wireless Broadband</i>	DTT	Dibutuhkan pemisahan sejauh 18 km antara <i>base station Wireless Broadband</i> dengan ujung wilayah cakupan DTT. Dibutuhkan pemisahan sejauh 650 m antara terminal <i>transmitter</i> pengguna dengan ujung wilayah cakupan DTT.
<i>Cellular</i>	DTT	Dibutuhkan pemisahan sejauh 18 km antara seluler, <i>base station</i> , dan ujung wilayah cakupan DTT. Dibutuhkan pemisahan sejauh 650 m antara terminal <i>transmitter mobile</i> dengan ujung wilayah cakupan DTT.
PMSE	DTT	Dibutuhkan pemisahan sejauh 440 m antara <i>transmitter</i> PMSE dan penerima DTT pada ujung wilayah cakupan DTT

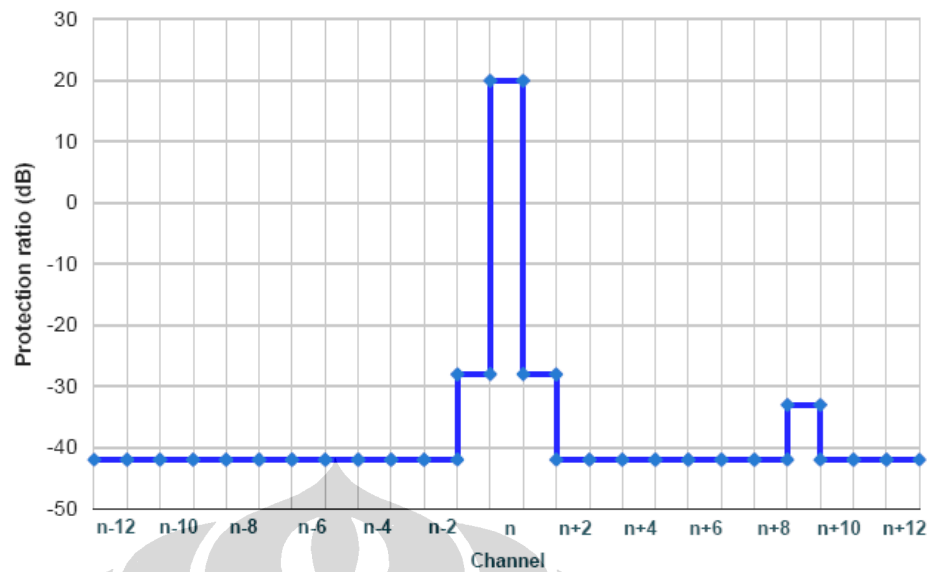
Layanan *Digital Terrestrial Television* (DTT) dipancarluaskan dari stasiun utama dengan menggunakan *transmitter* yang berdaya tinggi dan stasiun relai yang menggunakan *transmitter* berdaya rendah. Hal tersebut memberikan dampak yang berbeda sehingga untuk itu diperlukan pemisahan. Tabel 3.3 di bawah ini menjelaskan pemisahan geografis yang dibutuhkan untuk mencegah interferensi yang disebabkan oleh transmisi *Digital Terrestrial Television* (DTT) pada pengguna spektrum yang baru.

Tabel 3.3 Proteksi layanan Lain dari Transmisi DTT dengan Pemisahan Geografis [9]

Layanan Transmiting	Layanan Receiving	Pemisahan Geografis yang Dibutuhkan
DTT	DTT	Umumnya dibutuhkan pemisahan sejauh 130 km antar transmitter untuk meminimalisasi interferensi. Dibutuhkan pemisahan sejauh 80 km antara <i>transmitter</i> DTT berdaya tinggi eksisting dengan ujung wilayah cakupan <i>Local</i> DTT.
DTT	<i>Mobile Multimedia</i>	Umumnya dibutuhkan pemisahan sejauh 35 km antara <i>transmitter</i> DTT berdaya tinggi eksisting dengan <i>terminal mobile multimedia</i> .
DTT	<i>Wireless Broadband</i>	Umumnya dibutuhkan pemisahan sejauh 180 km antara <i>transmitter</i> DTT berdaya tinggi eksisting dengan <i>base station Wireless Broadband</i> dan pada umumnya dibutuhkan pemisahan sejauh 70 km dengan terminal penerima pengguna <i>Wireless Broadband</i> .
DTT	<i>Cellular</i>	Umumnya dibutuhkan pemisahan sejauh 180 km antara <i>transmitter</i> DTT berdaya tinggi eksisting dengan <i>base station</i> seluler dan pada umumnya dibutuhkan pemisahan sejauh 70 km dengan terminal penerima seluler.
DTT	PMSE	Umumnya dibutuhkan pemisahan sejauh 60 km antara <i>transmitter</i> DTT berdaya tinggi eksisting dengan perangkat PMSE.

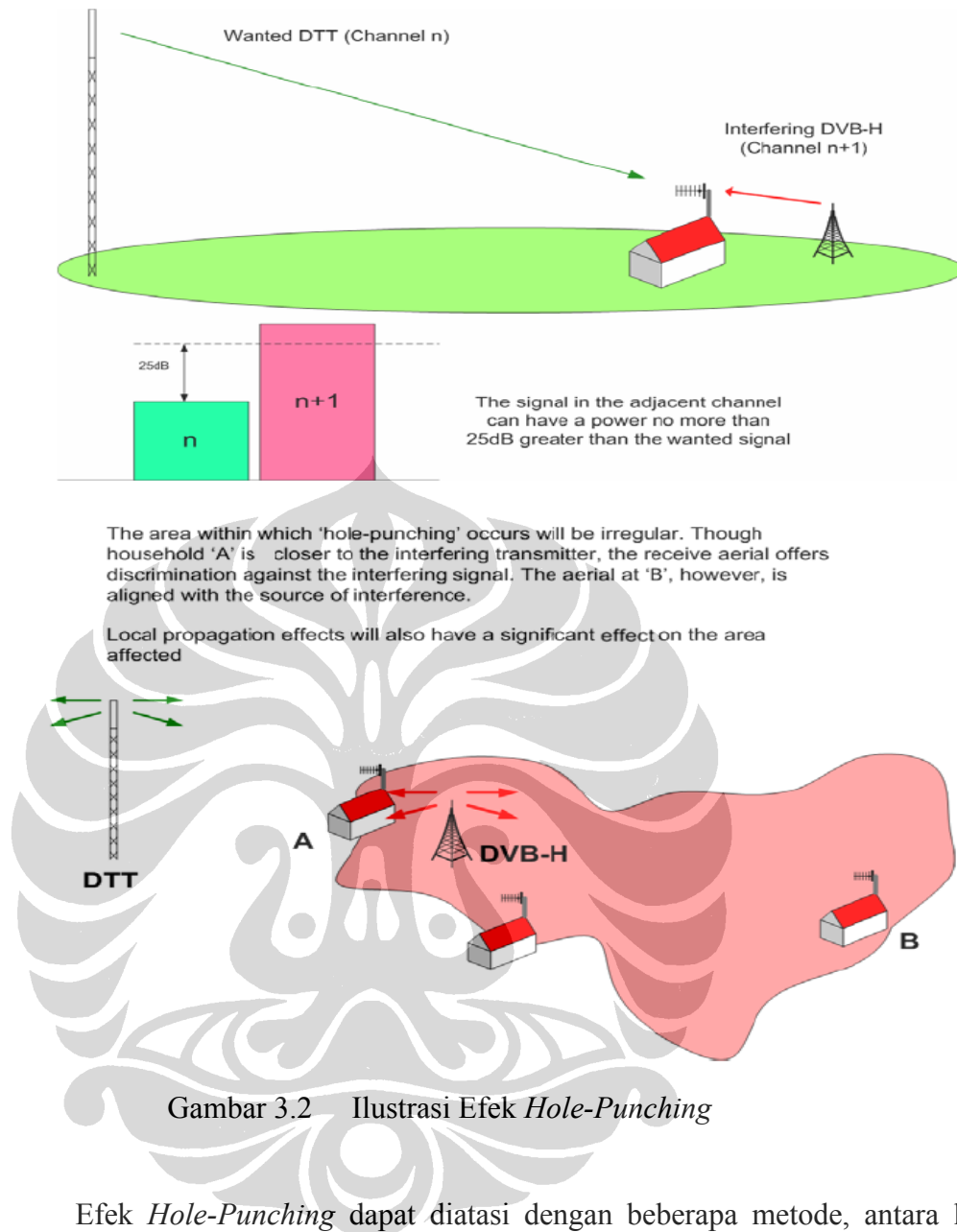
3.2.2 Proteksi Layanan *Digital Terrestrial Television* (DTT) pada Kanal yang Berbeda

Perangkat penerima DTT (misalnya: *Set-Top-Box*) sangat rentan terhadap interferensi dari kanal-kanal lain. Gambar 3.1 di bawah ini memperlihatkan sensitivitas penerima DTT dengan sinyal pada kanal yang berdekatan dan kanal lain. Kanal yang berdekatan ($n \pm 1$) dan *image channel* ($n + 9$) juga mudah terinterferensi pada kanal transmisi.



Gambar 3.1 Sensitivitas Penerima DTT pada *Adjacent Channel* dan *Image Channel*

Kerentanan perangkat penerima DTT berarti bahwa jika sebuah lokasi *transmitter* (untuk layanan DTT atau layanan lainnya) menggunakan kanal yang berdekatan ($n \pm 1$) atau *image channel* ($n + 9$) maka akan ada area di sekitar lokasi *transmitter* dimana siaran dari layanan DTT tidak dapat diterima. Kejadian ini dikenal dengan nama *hole-punching*. Efek *hole-punching* yang disebabkan karena interferensi *image channel* lebih banyak dari pada yang disebabkan karena interferensi kanal yang berdekatan. Ilustrasi efek *hole-punching* terlihat pada Gambar 3.2 dibawah ini.



Gambar 3.2 Ilustrasi Efek *Hole-Punching*

Efek *Hole-Punching* dapat diatasi dengan beberapa metode, antara lain adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan pemisahan frekuensi yang mencukupi (*guard band*) antara *interfering transmission* yang berbeda.
2. Untuk transmisi DTT yang baru, efek *hole-punching* tidak akan terjadi jika *transmitter* DTT yang baru dapat *co-located* dengan *transmitter* DTT eksisting, sehingga sinyal pada kanal yang berdekatan ($n \pm 1$) atau pada *image*

channel ($n + 9$) tidak cukup kuat untuk menyebabkan interferensi yang merusak penerimaan sinyal yang diharapkan.

3. Untuk layanan lain dengan lokasi *transmitter* yang tetap (misalnya *base station mobile multimedia*), suatu *filler station* DTT yang diposisikan *co-located* dengan transmitter penginterferensi dapat mengurangi efek *hole-punching*.
4. Untuk layanan lain dengan *transmitter* bergerak (misalnya perangkat *uplink* layanan seluler atau layanan *wireless broadband* bergerak) solusi dilaksanakan dengan melakukan retransmisi sinyal DTT tidaklah praktis. Pembatasan daya pada transmisi *uplink* dapat mengurangi kejadian interferensi, tetapi metode pemisahan frekuensi adalah solusi yang kemungkinan dapat meminimalisasi kejadian interferensi pada tingkat yang dapat diterima.
5. Untuk layanan PMSE, sinyal yang ditransmisikan berdaya rendah sehingga tidak akan menyebabkan interferensi.

3.2.3 Interferensi pada Kanal Berdekatan (*Adjacent Channel*) antara Pengguna Spektrum *Digital Dividend* yang Berbeda

Efek interferensi kanal berdekatan ($n \pm 1$) bisa sangat luas terjadi pada setiap penggunaan spektrum *digital dividend* yang berbeda-beda. Tabel 3.4 di bawah ini menguraikan tentang interferensi kanal berdekatan yang mungkin untuk terjadi. Interferensi yang paling sering terjadi adalah *hole-punching* yang dihasilkan dari *transmitter* salah satu pengguna yang berinterferensi dengan pengguna lainnya yang menggunakan kanal berdekatan. Solusi yang mungkin untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan meletakkan *transmitter* secara *co-located*. Tetapi solusi tersebut tidak selamanya dapat diterapkan jika melibatkan arsitektur jaringan yang berbeda, misalnya antara jaringan DTT yang berdaya tinggi tetapi tingkat densitasnya rendah dengan jaringan *mobile multimedia* yang berdensitas tinggi.

Tabel 3.4 Interferensi Kanal Berdekatan yang Terjadi Antar Layanan [9]

Layanan Transmitting	Layanan Receiving	Interferensi dan Kemungkinan Solusi
DTT	DTT	<i>Hole-punching</i> pada kanal berdekatan di area sekitar <i>transmitter</i> penyiaran yang berdaya tinggi. Melakukan <i>transmitter co-locating</i> merupakan solusi yang paling memungkinkan untuk diterapkan.
DTT	<i>Mobile Multimedia</i>	<i>Hole-punching</i> pada kanal berdekatan di area sekitar <i>transmitter</i> . Koordinasi lokasi <i>transmitter</i> (misalnya penempatan stasiun <i>filler</i>) akan mengurangi jumlah pengguna yang terkena efek.
DTT	<i>Wireless Broadband</i>	Transmisi DTT dapat menghalangi penerimaan sinyal <i>wireless broadband</i> yang lemah, yang akan mereduksi cakupan wilayah <i>base station wireless broadband</i> .
DTT	<i>Cellular</i>	Transmisi DTT dapat menghalangi penerimaan sinyal seluler yang lemah, yang akan mereduksi cakupan wilayah <i>base station</i> seluler.
DTT	PMSE	Interferensi dari <i>transmitter</i> DTT pada kanal berdekatan mengakibatkan ada beberapa area yang berada di sekitar <i>transmitter</i> DTT dimana PMSE tidak dapat digunakan.
<i>Mobile Multimedia</i>	DTT	<i>Hole-punching</i> pada kanal berdekatan di area sekitar <i>transmitter</i> . Koordinasi lokasi <i>transmitter</i> (misalnya penempatan stasiun <i>filler</i>) akan mengurangi jumlah pengguna yang terkena efek.
<i>Mobile Multimedia</i>	<i>Mobile Multimedia</i>	<i>Hole-punching</i> pada kanal berdekatan di area sekitar <i>transmitter</i> . Koordinasi lokasi <i>transmitter</i> akan mengurangi jumlah pengguna yang terkena efek.
<i>Mobile Multimedia</i>	<i>Wireless Broadband</i>	Transmisi <i>mobile multimedia</i> dapat menghalangi penerimaan sinyal <i>wireless broadband</i> yang lemah, yang akan mereduksi cakupan wilayah <i>base station wireless broadband</i> .
<i>Mobile Multimedia</i>	<i>Cellular</i>	Transmisi <i>mobile multimedia</i> dapat menghalangi penerimaan sinyal seluler yang lemah, yang akan mereduksi cakupan wilayah <i>base station</i> seluler.
<i>Mobile Multimedia</i>	PMSE	Interferensi dari <i>transmitter mobile multimedia</i> pada kanal berdekatan mengakibatkan ada beberapa area yang berada di sekitar <i>transmitter mobile multimedia</i> dimana PMSE tidak dapat digunakan.
<i>Wireless Broadband</i>	DTT	Transmisi dari terminal <i>wireless broadband</i> dapat menimbulkan interferensi dengan penerima DTT yang disetel pada kanal berdekatan. Solusinya adalah dengan pemisahan frekuensi.
<i>Wireless Broadband</i>	<i>Mobile Multimedia</i>	Transmisi dari terminal <i>wireless broadband</i> dapat menimbulkan interferensi dengan <i>handset</i> penerima yang berada di sekitar terminal <i>wireless broadband</i> . Solusinya adalah dengan pemisahan frekuensi.
<i>Wireless Broadband</i>	<i>Wireless Broadband</i>	Inteferensi yang terjadi adalah antara <i>base station</i> yang ditempatkan secara berdekatan. Jika menggunakan teknologi TDD, 1 <i>base station</i> dapat melakukan transmisi dan pada saat yang bersamaan <i>base station</i> yang lain melakukan penerimaan. Sehingga dalam permasalahan ini memerlukan koordinasi yang intersif (misalnya sinkronisasi siklus <i>transmit/receive</i> dari suatu <i>base station</i>).
<i>Wireless Broadband</i>	<i>Cellular</i>	Inteferensi yang terjadi adalah antara <i>base station</i> yang ditempatkan secara berdekatan. Misalnya jika layanan

Layanan Transmitting	Layanan Receiving	Interferensi dan Kemungkinan Solusi
		<i>wireless broadband</i> menggunakan teknologi TDD, <i>base station wireless broadband</i> dapat melakukan transmisi pada saat yang bersamaan dengan <i>base station</i> seluler melakukan penerimaan sinyal yang lemah dari <i>mobile handset</i> . Solusi yang paling memungkinkan adalah dengan pemisahan frekuensi.
<i>Wireless Broadband</i>	PMSE	Interferensi dari <i>transmitter wireless broadband</i> pada kanal berdekatan mengakibatkan ada beberapa area yang berada di sekitar transmitter BWA dimana PMSE tidak dapat digunakan.
<i>Cellular</i>	DTT	Transmisi terminal seluler atau <i>base station</i> dapat menimbulkan interferensi dengan penerima DTT yang disetel pada kanal berdekatan di area sekitar terminal atau <i>base station</i> seluler. Solusinya adalah dengan menggunakan pemisahan frekuensi.
<i>Cellular</i>	<i>Mobile Multimedia</i>	Transmisi terminal seluler dapat menimbulkan interferensi dengan <i>handset</i> penerima pada kanal berdekatan dan berada di area sekitar terminal seluler. Solusinya adalah dengan menggunakan pemisahan frekuensi.
<i>Cellular</i>	<i>Wireless Broadband</i>	Interferensi yang terjadi antara <i>base station</i> yang ditempatkan berdekatan. Misalnya <i>base station</i> seluler dapat melakukan transmisi pada saat yang bersamaan dengan saat <i>base station wireless broadband</i> melakukan penerimaan sinyal lemah dari terminal pengguna. Solusinya adalah dengan pemisahan frekuensi.
<i>Cellular</i>	<i>Cellular</i>	Disediakan kanal berdekatan baik untuk <i>uplink</i> maupun <i>downlink</i> , sehingga seharusnya tidak terjadi interferensi yang signifikan.
<i>Cellular</i>	PMSE	Interferensi dari <i>base station</i> seluler pada kanal berdekatan mengakibatkan ada beberapa area yang berada di sekitar transmitter seluler dimana PMSE tidak dapat digunakan.
PMSE	DTT	Interferensi dari <i>transmitter</i> DTT pada kanal berdekatan mengakibatkan ada beberapa area yang berada di sekitar <i>transmitter</i> DTT dimana PMSE tidak dapat digunakan. Jika PMSE digunakan di area ini akan mengakibatkan interferensi pada penerimaan sinyal DTT.
PMSE	<i>Mobile Multimedia</i>	Interferensi dari <i>transmitter mobile multimedia</i> pada kanal berdekatan mengakibatkan ada beberapa area yang berada di sekitar <i>transmitter mobile multimedia</i> dimana PMSE tidak dapat digunakan. Jika PMSE digunakan di area ini akan mengakibatkan interferensi pada penerimaan sinyal <i>mobile multimedia</i> .
PMSE	<i>Wireless Broadband</i>	Interferensi dari <i>transmitter wireless broadband</i> pada kanal berdekatan mengakibatkan ada beberapa area yang berada di sekitar <i>transmitter wireless broadband</i> dimana PMSE tidak dapat digunakan. Jika PMSE digunakan di area ini akan mengakibatkan interferensi pada penerimaan sinyal <i>wireless broadband</i> .
PMSE	<i>Cellular</i>	Interferensi dari <i>base station</i> seluler pada kanal berdekatan mengakibatkan ada beberapa area yang berada di sekitar transmitter seluler dimana PMSE tidak dapat digunakan. Jika PMSE digunakan di area ini akan mengakibatkan interferensi pada penerimaan sinyal seluler.

Layanan Transmiting	Layanan Receiving	Interferensi dan Kemungkinan Solusi
PMSE	PMSE	Tidak ada permasalahan interferensi karena penggunaan lokal dengan daya kecil.

