

Analisis Penggunaan *Frequency Band* 400 MHz dan 700 MHz untuk Layanan *Broadband* PPDR di Indonesia

DWI ARYANTA

Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Bandung
Email: dwiaryanta@gmail.com

Received 21 Desember 2017 | *Revised* 23 Januari 2018 | *Accepted* 28 Januari 2018

ABSTRAK

Layanan komunikasi Public Protection and Disaster Relief (PPDR) di Indonesia saat ini bekerja pada frequency band 400 MHz melalui teknologi narrowband. Semakin beragamnya layanan dan kebutuhan informasi membutuhkan pengembangan ke arah penerapan teknologi broadband. Adanya wacana Analog Switch Off (ASO), memungkinkan frequency band 700 MHz dapat dimanfaatkan layanan komunikasi PPDR dengan penerapan teknologi LTE. Melalui kajian penggunaan frequency band 400 MHz dan 700 MHz, layanan broadband PPDR kejadian PP1 membutuhkan lebar band sebesar 10 MHz untuk baik pada arah uplink maupun downlink. Jumlah sel yang diperlukan pada penggunaan frequency band 400 MHz adalah 6482 sel pada tahun 2017 dan meningkat menjadi 6744 sel pada tahun 2021, sedangkan frequency band 700 MHz dari 12901 sel menjadi 13510 sel.

Kata kunci: *PPDR, broadband, ASO, PP1, LTE*

ABSTRACT

The Public Protection and Disaster Relief (PPDR) communication service in Indonesia is currently working on a 400 MHz frequency band through narrowband technology. Increasingly diverse services and information needs require development towards the application of broadband technology. The discourse of Analog Switch Off (ASO), allows the 700 MHz frequency band can be utilized PPDR communication services with the application of LTE technology. Through the study of the use of 400 MHz and 700 MHz frequency bands, PPDR broadband service incident PP1 requires bandwidth of 10 MHz for both uplink and downlink. The number of cells required on the use of the 400 MHz frequency band is 6482 cells by 2017 and increases to 6744 cells by 2021, while the 700 MHz frequency band from 12901 cells becomes 13510 cells.

Keywords: *PPDR, broadband, ASO, PP1, LTE*

1. PENDAHULUAN

Indonesia yang secara geografis terletak titik pertemuan antara tiga lempeng aktif menyebabkan potensi besar terhadap terjadinya bencana alam. Negara Indonesia juga rawan terjadi bencana banjir, kebakaran hutan, longsor, badai, serta epidemi penyakit. Selain bencana, Indonesia cukup banyak juga terjadi masalah sosial seperti terorisme, perampokan, perkelahian pelajar, pembunuhan, dan tindakan kekerasan lainnya. Penanganan terhadap kejadian yang berhubungan dengan masalah *Public Protection and Disaster Relief* (PPDR) diberikan oleh lembaga terkait membutuhkan komunikasi yang intensif. Layanan komunikasi PPDR diklasifikasikan menjadi dua yaitu komunikasi *public protection* (PP) dan komunikasi *disaster relief* (DR).

Indonesia yang berada pada *region 3*, menurut Rekomendasi ITU-R M.2015-1 (02/2015), layanan PPDR dialokasikan pada *frequency band* 406,1-430 MHz, 440-470 MHz, 806-824/851-869 MHz, 4940-4990 MHz, dan 5850-5925 MHz. Namun demikian, sejumlah negara di dalam *region 3* menggunakan *frequency band* 380-400 MHz dan 746-806 MHz. Saat ini pemerintah Indonesia masih mengalokasikan *frequency band* 409-417 MHz dan 422,5-426,25 MHz untuk PPDR (**Kementerian Komunikasi dan Informatika, 2010**). Sementara di sisi lain terdapat juga alokasi frekuensi untuk instansi pemerintah pada *frequency band* yang dinamakan *Government Radio Network* Indonesia (GRNI) pada *frequency band* 380-400 MHz.

Standar frekuensi Global PPDR ditetapkan oleh ITU pada *frequency band* 700 MHz (694–894 MHz) sebagai rentang frekuensi global yang diperuntukan sebagai *Public Safety Mobile Broadband*. Asia juga menetapkan pengalokasian PPDR pada *band* 700 (703-748/758-803 MHz), serta *frequency band* 800 MHz. *Frequency band* 700 MHz yang merupakan frekuensi emas 4G karena jangkauannya yang sangat luas. Saat ini, di Indonesia *frequency band* 700 Mhz masih dialokasikan untuk penggunaan siaran Televisi Analog.

Hasil studi menunjukkan bahwa implementasi *broadband* PPDR memerlukan spektrum frekuensi di bawah 1 GHz. Saat ini, hanya *frequency band* 700 MHz (694-790 MHz) yang memiliki prospek yang realistis secara global. Pelelangan spektrum di bawah 1 GHz tidak memberikan hasil yang efisien secara ekonomi dan tidak memberikan nilai alokasi PPDR bagi masyarakat. *Kebutuhan broadband* bagi keamanan masyarakat tidak dapat dipenuhi dengan bergantung sepenuhnya pada jaringan komersial (**Marcus, 2013**).

Kebutuhan spektrum frekuensi PP1 untuk WAN diestimasi antara 7,1 MHz dan 12,5 MHz. Jumlah spektrum frekuensi sebesar 10 MHz untuk *uplink* dan 10 MHz untuk *downlink* dianggap dapat memenuhi kebutuhan skenario PP1. Untuk skenario lalu lintas padat PP2, kebutuhan spektrum diestimasi antara 10,3 MHz and 14,3 MHz. Dengan memperhitungkan skenario PP1 dan PP2, lebar kanal 10 MHz arah *uplink* dan 10 MHz arah *downlink*, dapat memenuhi kebutuhan untuk dua tipe skenario PPDR. Estimasi spektrum untuk suara di *Wireless Area Network* (WAN) PPDR *wideband* masa depan sekitar 2 x 3,2 MHz (**ECC Report 199, 2003**).

Alokasi spektrum frekuensi PPDR *wideband* di Indonesia mencakup kejadian harian (PP1) dan kejadian darurat besar (PP2) pada *frequency band* 400 MHz dan 800 MHz. Frekuensi yang dibutuhkan dihitung menggunakan teknik pemodelan dan simulasi berdasarkan data skenario dan jumlah kejadian yang didapatkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kebutuhan frekuensi dalam memberikan layanan pada kejadian PP1 diperkirakan berkapasitas 2 x 10 MHz. Sedangkan, kebutuhan frekuensi pada kejadian PP2 diperkirakan berkapasitas 2 x 20 MHz untuk LTE FDD atau 30 MHz untuk LTE TDD **(Yuniarti, 2015)**.

Interoperabilitas sistem komunikasi radio PPDR tidak tersedia di Indonesia untuk memberikan sentralisasi penanganan kejadian PPDR. Layanan PPDR masih berorientasi pada teknologi *narrowband* sehingga layanan video dan data kecepatan tinggi tidak dapat didukung. Oleh karena itu, dalam perencanaan alokasi frekuensi ke depannya, pemerintah perlu menganalisis mengenai pengalokasian *frequency band* untuk PPDR **(Manik, 2015)**.

Pada penelitian ini dilakukan kajian dan analisis penggunaan *frequency band* 400 MHz dan 700 MHz untuk layanan *broadband* PPDR. Penggunaan *frequency band* ini pada layanan *broadband* dengan mengkaji kebutuhan lebar *band* optimum yang diperlukan, disamping juga perencanaan kebutuhan BTS di seluruh Indonesia sampai dengan perencanaan lima tahun mendatang berdasarkan pertambahan penduduk. Hasil pembahasan menjadi bahan pertimbangan dalam mengembangkan layanan *narrowband* PPDR yang sudah diberikan saat ini pada *band* 400 MHz yang didukung oleh teknologi *radio trunking*.

Public Protection and Disaster Relief (PPDR)

PPDR dalam *report* ITU-R M.2033 didefinisikan menjadi 2 jenis komunikasi radio yaitu:

- a. *Public Protection* (PP): komunikasi radio yang digunakan oleh badan dan atau lembaga yang bertanggung jawab dalam memelihara ketertiban dan hukum, melindungi nyawa dan properti, dan situasi darurat.
- b. *Disaster Relief* (DR): komunikasi radio yang digunakan oleh badan dan atau lembaga yang berurusan dengan gangguan fungsi masyarakat, menimbulkan ancaman luas dan signifikan terhadap nyawa manusia, kesehatan, properti, atau lingkungan, baik yang terjadi secara tidak sengaja, karena alam atau aktivitas manusia, dan juga yang terbentuk secara tiba – tiba atau merupakan hasil dari sebuah proses yang kompleks dan panjang.

Komunikasi radio untuk PPDR mencakup beberapa layanan yaitu, layanan tetap, bergerak, amatir dan satelit. Identifikasi kebutuhan spektrum frekuensi untuk *broadband* PPDR dapat menggunakan beberapa skenario kejadian. Skenario tersebut mencakup pembagian skala kejadian PPDR menjadi operasi harian (PP1), kejadian darurat atau acara publik (PP2) dan kejadian bencana (PP3) **(Yuniarti, 2015)**. Pada umumnya, teknologi *Narrowband* digunakan untuk komunikasi PPDR pada layanan bergerak *terrestrial* sedangkan teknologi *wideband* dan *broadband* dapat digunakan untuk aplikasi PPDR pada seluruh layanan komunikasi.

Teknologi *broadband* dapat dilihat sebagai tren evolusioner dari *wideband*. Aplikasi *broadband* memungkinkan penambahan fungsi dengan kapasitas tambahan untuk

mendukung data dengan kecepatan lebih tinggi dan gambar dengan resolusi lebih tinggi (**ITU-R, 2003**). Sistem *broadband* dapat dilokalisasi di lokasi kejadian atau kecelakaan (dikenal dengan wilayah "*hot spot*") ataupun acara besar tempat personil PPDR beroperasi. Sistem ini dapat menyediakan suara, data kecepatan tinggi dan video *real time* digital dengan kualitas tinggi serta aplikasi multimedia yang memerlukan kecepatan data pada rentang 1-100 Mbit/detik (**SATRC Working Group on Spectrum, 2012**).

2. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini, dilakukan kajian implementasi layanan *broadband* PPDR menggunakan *frequency band* 400 MHz dan 700 MHz sesuai dengan menerapkan beberapa pembatasan ruang lingkup penelitian yaitu sebagai berikut:

1. Teknologi pendukung yang digunakan adalah 4G.
2. Model prediksi redaman propagasi menggunakan Model Okumura-Hata.
3. Modulasi yang digunakan QPSK dengan *coding rate* 1/3, *bandwidth* 10 MHz pada kondisi propagasi dengan *Extended Vehicular A model* (EVA) 70 Hz *Low* dan *Extended Pedestrian A model* (EPA) sebesar 5 Hz *Low*.
4. Parameter teknis perangkat transmisi 4G terkait perangkat *transmitter* dan *receiver* menggunakan ketentuan standar yang diatur dalam ECC 2013.
5. Layanan PPDR hanya memperhitungkan kejadian operasi harian (PP1) dan tidak memperhitungkan skala kejadian PPDR lainnya.

Kajian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan kuantitatif untuk menghitung perencanaan alokasi lebar *frequency band* untuk *broadband* PPDR pada penggunaan *frequency band* 400 MHz dan 700 MHz. Teknologi seluler 4G menjadi salah satu alternatif untuk memberikan layanan komunikasi radio PPDR, terlebih untuk dapat memberikan layanan *broadband*. Perencanaan ukuran sel menjadi hal yang mendasar untuk dapat memberikan pelayanan PPDR secara merata di seluruh Indonesia. *Network Dimensioning* merupakan suatu teknik untuk menghitung wilayah cakupan jaringan, sehingga jumlah kebutuhan jumlah yang diperlukan dapat diketahui.

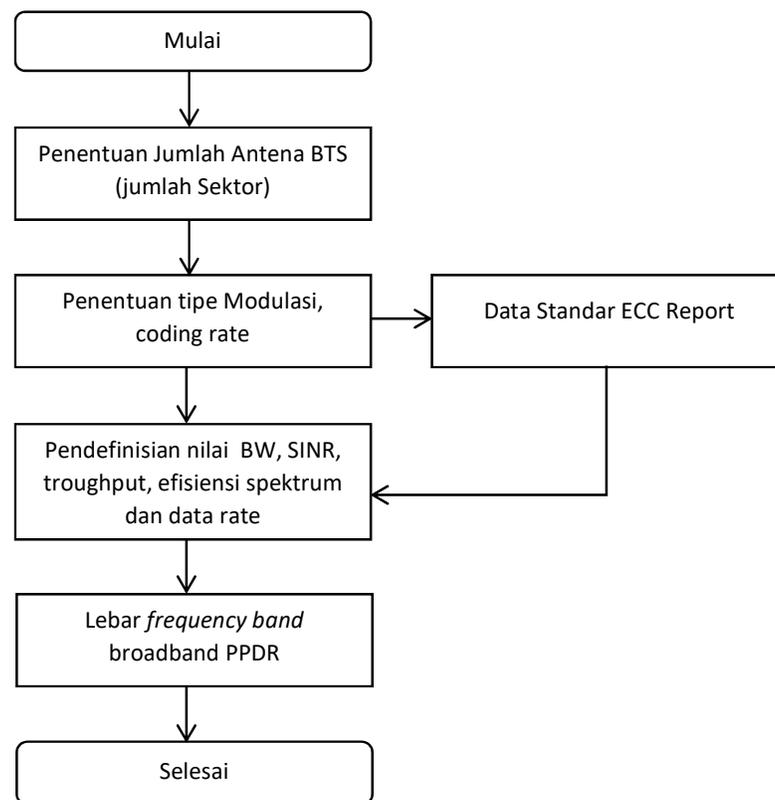
2.1 Kajian Pemenuhan Lebar *Band* Layanan *Broadband* PPDR

Perhitungan lebar *band* yang diperlukan untuk dapat memberikan layanan *broadband* PPDR dilakukan dengan tahapan sebagaimana pada diagram alir pada Gambar 1. Kebutuhan kapasitas laju data untuk trafik dalam melayani PPDR untuk kejadian kecelakaan lalu lintas pada skenario PP1 adalah 1300 kbps baik pada kondisi *uplink* maupun *downlink*, yang meliputi 768 kbps untuk informasi yang berupa video, sedangkan untuk kebutuhan pengiriman data diperlukan 512 kbps.

Perhitungan *link budget* dalam melakukan perhitungan cakupan sel hanya memperhitungkan arah *uplink* saja, dimana *link budget* arah *downlink* tidak menentukan ukuran sel. Parameter teknis yang digunakan pada modulasi *uplink* meliputi beberapa ketentuan yang disediakan

oleh suatu standar yang dapat sebagai pilihan penerapan (**ECC Report 199, 2003**), diantaranya:

- a. BS menerapkan penggunaan 2 antena.
- b. Pilihan modulasi yang digunakan adalah QPSK dengan *coding rate* 1/3 dengan lebar *bandwidth* 5 MHz dan nilai SINR sebesar -0,7 dB.
- c. Performansi *throughput* dipilih pada nilai 70% dengan efisiensi spektrum sebesar 0,31 bps/Hz dan mampu memberikan layanan kecepatan hingga 2,216 Mbps.
- d. Nilai EVA dipilih sebesar 70 Hz *Low* sebagai pemodelan kanal. Performansi untuk mobilitas tipe pedestrian (EPA 5 Hz *Low*) lebih baik.



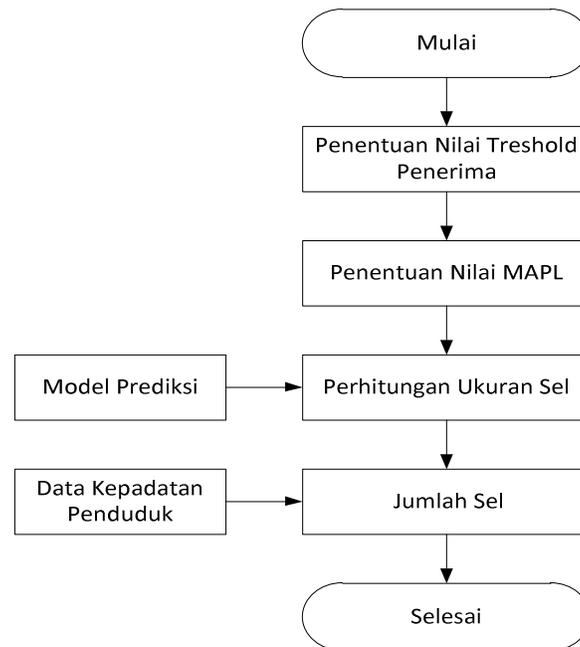
Gambar 1. Bagan Alir Perhitungan Kebutuhan Lebar *Frequency Band*

2.2 Kajian Pendimensionian Cakupan Sel Pada Teknologi 4G

Model sistem PPDR dengan menghitung *Network Dimensioning* yang mencakup *coverage analysis* dan *capacity analysis* (Flamid, 2012). Perhitungan *link budget* juga digunakan untuk mengestimasi redaman maksimum yang diizinkan, yang disebut *Maximum Allowable Path Loss (MAPL)* antara terminal pengguna dan *Base Station (BS)*, sehingga radius sel maksimum dapat diperkirakan dengan menggunakan model propagasi yang ditentukan. Dalam memodelkan sistem PPDR di suatu wilayah perlu memperhatikan faktor topografi wilayah tersebut. Untuk memudahkan dalam pemodelan, maka berdasarkan kepadatan

penduduk tiap wilayah kemudian diklasifikasikan menjadi beberapa tipe yaitu *metro*, *urban*, *sub urban*, dan *rural*.

Cakupan suatu sel ditentukan menggunakan pendekatan menggunakan model prediksi propagasi dengan skenario *coverage-limited* atau untuk skenario *interference-limited*. Sejumlah parameter dasar yang digunakan meliputi *fading margin*, *target throughput* pada sisi terluar sel, beban jaringan rata-rata dan lain-lain. Pada tahapan analisis cakupan menggunakan 4G seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2, memperlihatkan proses kalkulasi untuk mendapatkan ukuran jari-jari suatu sel.



Gambar 2. Bagan Alir Proses *Network Dimensioning*

Estimasi redaman maksimum antara terminal *pengguna* dan *Base Station (BS)* dilakukan melalui perhitungan *link budget*, dimana tahapan awal dilakukan dengan menghitung besaran daya *Threshold* di sisi penerima (*receiver sensitivity level*). *Threshold level* di sisi penerima merupakan daya terendah yang masih dapat direspon oleh penerima pada suatu nilai *throughput* yang ditentukan batasannya.

$$P_{th} = kTB + NF + SINR + IM - G_d \quad (1)$$

Dimana:

P_{th} : *Threshold Level* (dBm)

kTB : *Thermal noise level* pada *noise* pada BW tertentu, dimana $BW = N_{RB} \times 180 \text{ kHz}$; N_{RB} adalah jumlah dari *resource block* dan 180 kHz merupakan lebar *band* untuk 1 (satu) *resource block* pada 4G (dB)

NF : *Noise Figure* penerima (dB)

SINR : *Signal to interference plus noise* (dB)

IM : *Implementation margin* (dB)

G_D : *Diversity gain*, umumnya sebesar -3 dB (**Abdulkafi, 2012**).

Tabel 1 berikut memberikan informasi mengenai jumlah *resource block* dan BW maksimum untuk masing-masing lebar *band*.

Tabel 1. Ketersediaan Resource Block dan BW Maksimum pada Spektrum 4G

BW Kanal (MHz)	Jumlah Resource Block (N _{RB})	BW Maksimum yang ditempati (MHz)
1,4	6	1,08
3	15	2,7
5	25	4,5
10	50	9
15	75	13,5
20	100	18

Sumber: (**Anritsu Company, 2010**)

Maximum Allowable Path Loss merupakan suatu nilai redaman maksimum antara perangkat pelanggan dengan BS yang disebabkan oleh beberapa faktor seperti lintasan, redaman kabel *feeder*, *body loss*, *penetration loss*, *insertion loss* dan lain-lain yang berdampak pada penurunan level sinyal di sisi penerima.

$$\text{MAPL} = \text{EIRP} - P_{\min} + G_{\text{RX}} \quad (2)$$

Dimana:

MAPL : Redaman Maksimum yang diperkenankan antara BTS dan terminal pelanggan (dB)

EIRP : *Effective Isotropic Radiated Power* (dB)

P_{min} : *Threshold Level* minimum (sensitifitas penerima) (dB)

G_{RX} : *Gain* antena penerima (dB)

Perhitungan untuk menentukan radius cakupan dari sebuah BS berdasarkan rugi-rugi lintasan maksimum yang diperoleh dari perhitungan sebelumnya. Model propagasi yang digunakan pada penelitian ini adalah menggunakan Model Okumura-Hata. Model ini mengklasifikasikan empat tipe model wilayah berdasarkan karakteristiknya yaitu kota metropolitan, daerah *urban*, *suburban*, dan daerah terbuka (*rural*). Model prediksi Okumura Hata dapat diaplikasikan pada frekuensi kerja 150 MHz - 1500 MHz, tinggi efektif antena 30 - 200 m, tinggi antena pelanggan 1 - 10 m dan T_x - R_x berjarak 1 -20 km (**Abuibaid, 2015**). Redaman Propagasi kemudian dinyatakan dengan Persamaan 3.

$$PL = A + B \log(d) + C \quad (3)$$

Paremeter A, B dan C merupakan faktor yang bergantung pada frekuensi dan tinggi antena.

$$A = 69,55 + 26,16 \log(f_c) - 13,82 \log(h_b) - a(h_m) \quad (4)$$

$$B = 44,9 - 6,55 \log(h_b) \quad (5)$$

Dimana:

- f_c = *Frequency carrier* (MHz)
 d = Jarak BS ke *user* (km)
 $a(h_m)$ = merupakan nilai terhadap ketinggian antena *user*
 C = faktor yang bergantung pada lingkungan.

- Wilayah *Urban*

$$a(h_m) = [1,1 \log(f_c) - 0,7]h_m - [1,56 \log(f_c) - 0,8] \quad (6)$$

$$C = 0$$

- Wilayah Metropolitan

$$a(h_m) = \begin{cases} 8,29 (\log(1,54h_m))^2 - 1,1 & \text{untuk } f \leq 300 \text{ MHz} \\ 3,2 (\log(11,75h_m))^2 - 4,97 & \text{untuk } f \geq 300 \text{ MHz} \end{cases} \quad (7)$$

$$C = 0$$

- Wilayah Sub *urban*

$$C = -2 \left[\log\left(\frac{f_c}{28}\right) \right]^2 - 5,4 \quad (8)$$

- Wilayah *Rural*

$$C = 4,78[\log(f_c)]^2 + 18,33 - 40,98 \quad (9)$$

Nilai $a(h_m)$ untuk wilayah sub *urban* dan *rural* sama dengan nilai pada wilayah *urban*.

Radius suatu sel diperoleh dengan substitusi hasil perhitungan MAPL ke perhitungan *path loss*. Berikutnya dapat dihitung luas cakupan sel. Pada penelitian ini, bentuk sel yang digunakan adalah sel heksagonal dengan pola sektorisasi 180°, sehingga pada satu sel terdapat 2 buah frekuensi pemancar, sehingga luas cakupan satu buah sel menjadi

$$A = 1,23 \times 2,6 \times d^2 \quad (10)$$

Dimana :

A = Luas cakupan BS [km^2]

d = jari-jari sel [km]

Kebutuhan kapasitas laju data untuk trafik dalam melayani PPDR untuk kejadian kecelakaan lalulintas pada skenario PP1 adalah 1300 kbps baik pada kondisi *uplink* maupun *downlink*, yang meliputi 768 kbps untuk informasi yang berupa video, sedangkan untuk kebutuhan

pengiriman data diperlukan 512 kbps. Perhitungan *link budget* dalam melakukan perhitungan cakupan sel hanya memperhitungkan arah *uplink* saja, dimana *link budget* arah *downlink* tidak menentukan ukuran sel. Parameter teknis yang digunakan pada modulasi *uplink* meliputi beberapa ketentuan yang disediakan oleh suatu standar yang dapat sebagai pilihan penerapan (**ECC Report 199, 2003**), diantaranya:

- a. BS menerapkan penggunaan 2 antena.
- b. Pilihan modulasi yang digunakan adalah QPSK dengan *coding rate* 1/3 dengan *bandwidth* 5 MHz dan nilai SNR sebesar -0,7 dB.
- c. Performansi *throughput* dipilih pada nilai 70% dengan efisiensi spektrum sebesar 0,31 bps/Hz dan mampu memberikan layanan kecepatan hingga 2,216 Mbps.
- d. Nilai EVA dipilih sebesar 70 Hz *Low* sebagai pemodelan kanal. Performansi untuk mobilitas tipe pedestrian (EPA 5 Hz *Low*) lebih baik.

3. HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS

Perhitungan untuk menentukan lebar *frequency band broadband* PPDR khusus pada skenario kejadian PP1 dilakukan dengan melakukan rekapitulasi jumlah kejadian yang terjadi secara simultan di suatu wilayah cakupan sel. Data kejadian PP1 yang dilakukan rekapitulasi meliputi kejadian tertinggi dalam rentang tahun tertentu kriminalitas, kecelakaan lalu lintas, dan kejadian kebakaran di Indonesia yang diambil dari data Badan Pusat Statistik (BPS). Dari berbagai sumber data BPS maka dapat dilakukan rekapitulasi kejadian seperti yang tersaji pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-Rata Kejadian Puncak Secara Simultan Dalam 1 Jam

Jenis kejadian	Jumlah Kejadian (sumber)	Rata-rata per jam	Kejadian Puncak per jam
Tindak Kriminal	353.000 (BPS, 2016)	40	80
Kecelakaan Lalu Lintas	98.970 (BPS, 2015)	11	22
Kebakaran	16500 (Sundari, 2012)	2	4
Total		53	106

Atas kondisi pada Tabel 2, maka distribusi kejadian pada sel dengan frekuensi kerja 400 MHz adalah 2 kejadian, sedangkan pada sel dengan frekuensi kerja 700 MHz sebanyak 1 kejadian, hal ini mengingat luas cakupan sel dengan frekuensi 700 MHz lebih kecil dibandingkan dengan frekuensi 400 MHz.

Pada tepi sel dimana efisiensi spektral rendah, diasumsikan terjadi satu kejadian sedangkan sisanya dapat terjadi pada bagian sel dengan efisiensi spektral yang lebih tinggi. Pada arah *uplink*, diasumsikan menggunakan modulasi 16 QAM 3/4 pada laju trafik konstan sebesar 1300 kbps dengan efisiensi spektral pada tepi sel menggunakan nilai 0,31 bps/Hz, di bagian dalam sel diharapkan efisiensi spektral bernilai antara 0,64 bps/Hz hingga 1,49 bps/Hz.

Jumlah kejadian yang terjadi pada satu sel merupakan hasil perkalian jumlah populasi dalam satu sel dengan jumlah insiden per populasi, dimana jumlah populasi dalam satu sel

merupakan perkalian kepadatan penduduk suatu daerah dengan luas sel untuk tiap kategori. Jumlah kejadian per populasi merupakan jumlah insiden simultan secara nasional dibagi dengan jumlah populasi nasional (Yuniarti, 2015).

Dalam melakukan perhitungan kebutuhan spektrum juga memperhitungkan komunikasi latar belakang (ECC Report 199, 2003). Pada estimasi yang rendah, diperlukan lebar kanal sebesar 1,1 MHz dan pada estimasi menengah diperlukan selebar 2,3 MHz. Sehingga total keseluruhan kebutuhan lebar *frequency band* untuk *band* 400 dan 700 MHz ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Total Kebutuhan Lebar *Frequency band* PP1 Arah *Uplink*

<i>Frequency band</i> Jumlah Kejadian	Jumlah Kejadian	Estimasi Rendah (MHz)	Estimasi Menengah (MHz)
400 MHz	2 buah (pada tepi sel dan dalam sel)	7,325	8,525
	1 buah komunikasi latar belakang		
700 MHz	1 buah pada tepi sel dan 1 buah komunikasi latar belakang	5,294	6,494

Pada arah *downlink*, efisiensi spektral pada tepi sel menggunakan nilai 0,27 bps/Hz, dan pada bagian dalam sel efisiensi spektral diharapkan bernilai antara 0,88 bps/Hz hingga 1,89 bps/Hz. Penggunaan komunikasi latar belakang menyebabkan adanya tambahan lebar *band* sebesar 0,7 MHz pada estimasi rendah dan 1,2 MHz pada estimasi menengah. Sehingga total keseluruhan kebutuhan lebar *frequency band* ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Total Kebutuhan Lebar *Frequency band* PP1 Arah *Downlink*

<i>Frequency band</i> Jumlah Kejadian	Jumlah Kejadian	Estimasi Rendah (MHz)	Estimasi Menengah (MHz)
400 MHz	2 buah (pada tepi sel dan dalam sel)	7,392	8,592
	1 buah komunikasi latar belakang		
700 MHz	1 buah pada tepi sel dan 1 buah komunikasi latar belakang	5,915	7,115

Perhitungan pada arah *uplink* dan *downlink* didapatkan kebutuhan lebar *frequency band* minimum 6,494 MHz dan maksimum 8,592 MHz. Mengacu pada ketentuan alokasi *bandwidth* maksimum pada Tabel 1, maka dapat ditentukan kebutuhan lebar *frequency band* adalah masing-masing 10 MHz baik untuk arah *uplink* maupun *downlink*.

Pada perhitungan *link budget* untuk memberikan pelayanan PPDR digunakan dua frekuensi yang akan dilihat perbedaan kinerja, khususnya dalam hal memberikan cakupan layanan. Frekuensi yang digunakan dalam kajian pada penelitian ini adalah pada *frequency band* 400 MHz dan 700 MHz, tepatnya digunakan frekuensi kerja 409 MHz dan 703 MHz. Parameter teknis lainnya yang terkait dengan kebutuhan perangkat baik pada pengirim maupun penerima dirinci pada Tabel 5.

Penggunaan antenna pada *frequency band* 400 MHz memiliki penguatan sebesar 13,5 dB dan pada *frequency band* 700 MHz sebesar 15,5 dB. Hasil perhitungan MAPL diperoleh sebesar

121,1 dB pada frekuensi 400 MHz dan 123 dB pada frekuensi 700MHz. Melalui hasil perhitungan MAPL kemudian digunakan untuk menghitung luas cakupan sel menggunakan Rumus 3 dan 10 pada berbagai kategori wilayah seperti yang ditampilkan pada Tabel 6.

Tabel 5. Spesifikasi Teknis Perangkat Pemancar Dan Penerima

Lokasi	Parameter	Nilai (satuan)
Pemancar (peralatan pengguna)	Daya	23 (dBm)
	Gain	0 (dB)
	Body Loss	2 (dB)
	EIRP	21 (dBm)
Penerima (peralatan BS)	Rx NF	3 (dB)
	BW	5 (Mhz)
	kTB x NF	-104 (dB)
	SINR	-0.7 (dB)
	Sensitivity	-107.3 (dBm)
	FM	9 (dB)
	Interference Margin	3 (dB)
	Feeder Loss	2 (dB)

Sumber: (ECC Report 199, 2003)

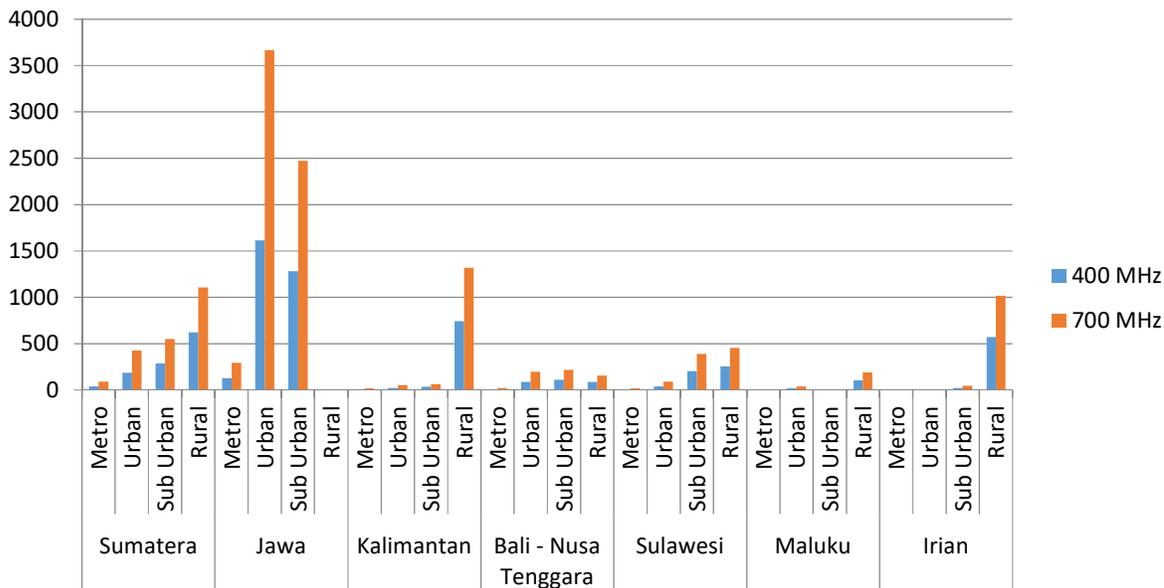
Tabel 6. Ukuran Jari-jari dan Luas Cakupan Layanan Suatu Sel BS

Frekuensi 409 MHz		
Tipe Wilayah	Jari-jari Sel (Km)	Luas Sel (Km2)
Metro	2.63	23.43
Urban	2.63	23.39
Sub Urban	4.53	69.28
Rural	14.70	730.53

Frekuensi 703 MHz		
Tipe Wilayah	Jari-jari Sel (Km)	Luas Sel (Km2)
Metro	1.74	10.28
Urban	1.75	10.29
Sub Urban	3.26	35.83
Rural	11.02	410.49

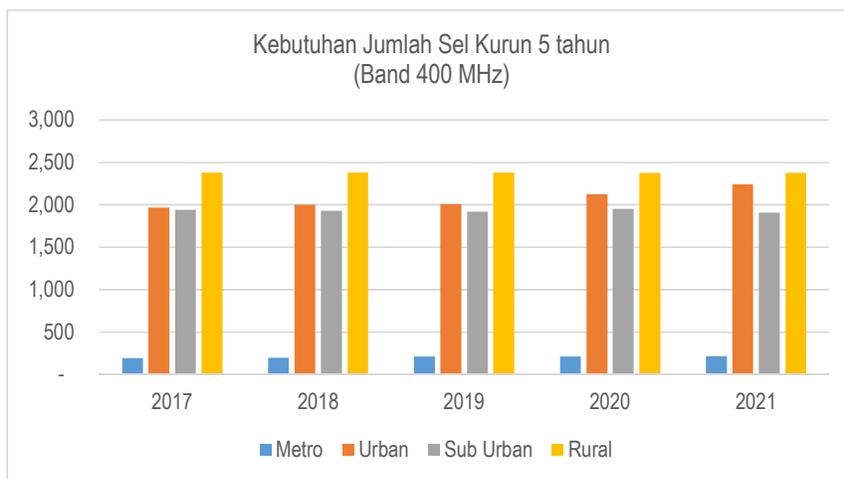
Ukuran jari-jari sel sangat bergantung pada kondisi suatu daerah, dimana secara umum, daerah Metro memiliki konstanta redaman propagasi yang paling tinggi, sehingga daerah ini memiliki ukuran sel yang paling kecil. Sedangkanhal sebaliknya terjadi pada daerah *rural*. Penggunaan frekuensi juga berdampak pada nilai redaman, dimana *frequency band* 700 MHz mendapatkan redaman yang lebih tinggi dibandingkan *band* 400 MHz, sehingga ukuran sel penggunaan *band* 700 MHz lebih kecil dibandingkan dengan *band* 400 MHz.

Berdasarkan data kepadatan penduduk di seluruh Indonesia, maka dilakukan perhitungan kebutuhan jumlah sel BS pada tahun 2017 untuk *frequency band* 400 MHz dan 700 MHz seperti kurva pada Gambar 3.



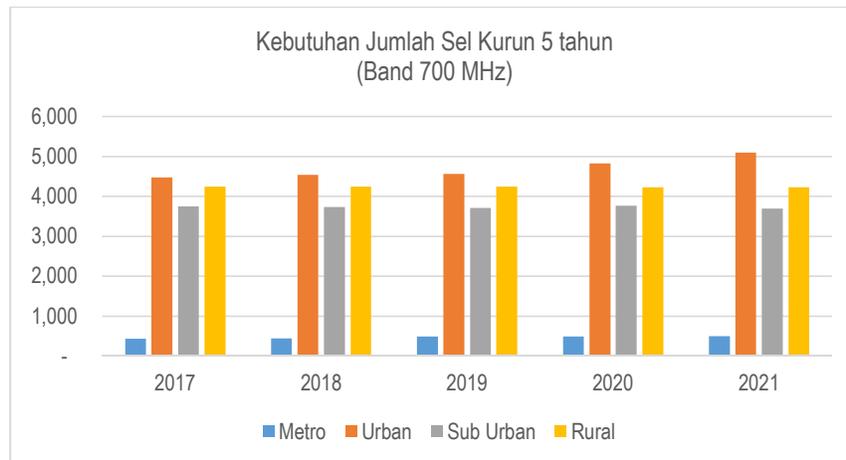
Gambar 3. Kebutuhan Sel BS berdasarkan Tipe Wilayah

Perencanaan kebutuhan sel BS sampai dengan 5 tahun mendatang, dengan memperhitungkan terjadinya pertambahan jumlah penduduk, dimana menurut data bank dunia, presentase pertumbuhan penduduk di Indonesia berkisar 1,2% (Noviyanti, 2017). Maka diberikan gambaran kebutuhan total sel BS seluruh Indonesia dalam 5 tahun berdasarkan tipe wilayah dan ditampilkan melalui kurva pada Gambar 4.



Gambar 4.a. Kebutuhan Sel BS Seluruh Indonesia Dalam 5 Tahun (400 MHz)

*Analisis Penggunaan Frequency band 400 MHz Dan 700 MHz
Untuk Layanan Broadband PPDR di Indonesia*



Gambar 4.b. Kebutuhan Sel BS Seluruh Indonesia Dalam 5 Tahun (700 MHz)

4. KESIMPULAN

Kajian penggunaan *frequency band* 400 MHz membutuhkan lebar *band* untuk arah *uplink* sebesar 7,325 MHz hingga 8,525 MHz, dan 7,392 hingga 8,592 untuk arah *downlink*. Sedangkan pada penggunaan *frequency band* 700 MHz memerlukan lebar *band* untuk arah *uplink* sebesar 5,294 MHz hingga 6,494 MHz, dan 5,915 hingga 7,115 untuk arah *downlink*. Sehingga untuk dapat mendukung penerapan teknologi *broadband* pada layanan komunikasi PPDR khususnya pada penerapan kejadian PP1 disimpulkan membutuhkan lebar *band* sebesar 10 MHz baik untuk arah *uplink* dan *downlink*.

Ukuran sel suatu BS ditentukan oleh karakteristik suatu daerah, dimana daerah *urban* memiliki ukuran sel terkecil dan daerah *rural* memiliki ukuran terbesar. Penggunaan frekuensi juga berdampak pada ukuran sel, dimana penggunaan *frequency band* 700 MHz didapatkan ukuran sel yang lebih kecil dibandingkan dengan penggunaan *frequency band* 400 MHz.

Jumlah seluruh sel BS yang dibutuhkan saat ini di seluruh Indonesia adalah 6482 sel untuk *frequency band* 400 MHz dan 12901 sel untuk *frequency band* 700 MHz. Seiring dengan laju pertumbuhan penduduk Indonesia, dalam 5 tahun ke depan perencanaan jumlah sel pada penggunaan *frequency band* 400 MHz bertambah menjadi 6744 sel dan pada penggunaan *frequency band* 700 MHz bertambah menjadi 13510 sel.

DAFTAR RUJUKAN

- Report ITU-R M.2033 (2003). *Radiocommunication objectives and requirements for public protection and disaster relief*.
- Report ITU-R M.2377-0 (2015). *Radiocommunication objectives and requirements for Public Protection and Disaster Relief (PPDR)*.
- ECC Report 199 (2003). *User Requirements and Spectrum Needs for future European Broadband PPDR systems (Wide Area Networks)*.

- Marcus (2013). *The Need for PPDR Broadband Spectrum in the Bands Below 1 GHz*.
- Christine Risma Manik (2015). *Analisis Pengalokasian Frekuensi untuk Penerapan Public Protection and Disaster Relief (PPDR) di Indonesia Khususnya Daerah Bandung*.
- SATRC Working Group on Spectrum (2012). *SATRC Guideline on Harmonized Use of Frequency Bands for Public Protection and Disaster Relief (PPDR)*.
- Mohammed Abuibaid (2015). *OKUMURA, HATA and COST231 Propagation Models*.
- Menteri Komunikasi dan Informatika (2010). *Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor : 25/PER/M.KOMINFO/12/2010 tentang Perubahan Kedua Atas Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor: 29/PER/M.KOMINFO/07/2009 Tentang Tabel Alokasi Spektrum Frekuensi Radio Indonesia*. Kementerian Komunikasi dan Informatika Indonesia.
- Yuniarti (2015). *Kebutuhan Frekuensi Untuk Public Protection and Disaster Relief (PPDR) Band Lebar di Indonesia*. *Buletin Pos dan Telekomunikasi Vol. 13 No.1 (2015) 1-18*.
- Flamid, N. I. Bin, Kawser, M. T., & Floque, M. A. (2012). Coverage and Capacity Analysis of LTE Radio Network Planning considering Dhaka City. *International Journal of Computer Applications (0975, 46(15), 49-56*.
- Abdulkafi, A. A., Kiong, T. S, Koh, J Chieng, D, Ting, A., & Ghaleb, A. M. (2012). Energy Efficiency of LTE Macro Base Station. In *1st IEEE International Symposium on Telecommunication Technologies* (pp. 259-264).
- Noviyanti (12 November 2017). *Pengertian dan Jumlah Penduduk di Indonesia*. Dipetik dari <https://www.bagi-in.com/jumlah-penduduk-di-indonesia/>.
- WRC-15 Broadband PPDR Spectrum Save Lives Decision (2017). Dipetik pada tanggal 11 September 2017 dari <http://atu-uat.org/wp-content/uploads/2016/06/day-1-session-3-presentation-3-by-daniel-hamadeh-motorola.pdf>.