



Estimasi kebutuhan spektrum untuk memenuhi target rencana pita lebar Indonesia di wilayah perkotaan

The estimation of spectrum requirements to meet the target of Indonesia broadband plan in urban area

Kasmad Ariansyah

Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya dan Perangkat Pos dan Informatika
 Jl. Medan Merdeka Barat No.9 Jakarta, Indonesia
 e-mail: kasmad.ariansyah@kominfo.go.id

KEYWORDS/KATA KUNCI

Naskah diterima 08 Desember 2015
 Direvisi 21 Desember 2015
 Disetujui 22 Desember 2015

Keywords:

Estimation
 Spectrum requirement
 Indonesia Broadband Plan
 Urban area

Kata kunci :

Estimasi
 Kebutuhan spektrum
 Rencana Pita Lebar Indonesia
 Wilayah perkotaan

ABSTRACT

Indonesian government has issued Indonesia Broadband Plan (IBP) at the end of 2014. IBP provides guidance and direction for the development of national broadband and contains targets in the period of 2014 to 2019. Relating to wireless broadband target, the availability and the adequacy of spectrum is very important. This study was conducted to estimate the spectrum requirements to meet the Indonesia broadband plan target especially the target of mobile broadband in urban area. DKI Jakarta was taken as sample of urban area. Analysis was done by calculating the coverage of BTSs, estimating the number of potential users, estimating the required spectrum and comparing it with the allocated spectrum to obtain the number of spectrum shortage. 3G and 4G were assumed as technologies used to meet mobile broadband target. The result showed that there will be a shortage of spectrum in the period of 2016 to 2019 approximately 2x234.5 to 2x240.5MHz (for FDD mode) or 313 MHz to 321 MHz (for TDD mode). Spectrum is reusable resource and by assuming that spectrum requirements in rural area is lower than that in urban, this estimation can also be used to portray spectrum requirements in Indonesia as a whole.

ABSTRAK

Pemerintah Indonesia telah mengesahkan Rencana Pita Lebar Indonesia menjelang akhir tahun 2014. Dokumen tersebut berisi panduan dan arah pembangunan pita lebar nasional dan berisi target-target pencapaian berkelanjutan antara tahun 2014-2019. Terkait target capaian pita lebar nirkabel, ketersediaan dan kecukupan spektrum frekuensi merupakan salah satu hal yang sangat penting. Studi ini dilakukan untuk mengestimasi kebutuhan spektrum frekuensi dalam rangka memenuhi target capaian Rencana Pita Lebar Indonesia khususnya layanan pita lebar nirkabel di wilayah perkotaan. DKI Jakarta dipilih sebagai sampel wilayah perkotaan. Analisis dilakukan dengan menghitung luas cakupan BTS, mengestimasi jumlah potensi pengguna, mengestimasi kebutuhan spektrum dan membandingkannya dengan spektrum yang sudah dialokasikan untuk mendapatkan jumlah kekurangan spektrum. 3G dan 4G diasumsikan sebagai teknologi yang digunakan untuk memenuhi sasaran pita lebar bergerak. Hasil analisis menunjukkan pada rentang tahun 2016-2019 akan terjadi kekurangan spektrum di wilayah perkotaan sebesar 2x234,5 MHz sampai dengan 2x240,5MHz (untuk mode FDD) atau sebesar 313 MHz sampai dengan 321 MHz (untuk mode TDD). Spektrum frekuensi merupakan sumber daya yang *reusable*, dengan mengasumsikan kebutuhan spektrum di perdesaan lebih rendah dibanding kebutuhan di perkotaan, maka estimasi ini dapat pula digunakan untuk menggambarkan kebutuhan spektrum di Indonesia secara keseluruhan.

1. Pendahuluan

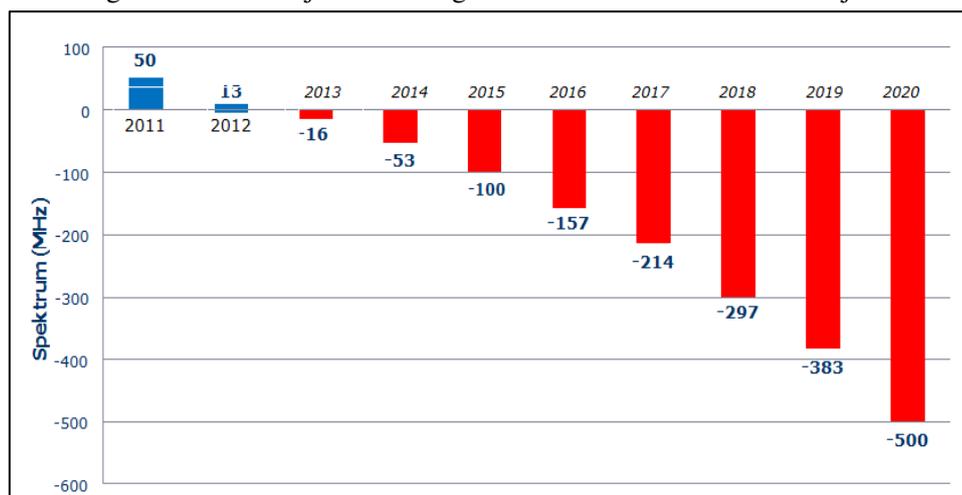
Selama beberapa dekade terakhir, Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) telah berkembang dengan pesat dan telah menjadi *enabler* bagi perkembangan diberbagai bidang, seperti pendidikan, pemerintahan, kesehatan, logistik, perdagangan dan lain-lain yang dikenal dengan istilah e-learning, e-government, e-health, e-logistik dan e-commerce terlebih setelah hadirnya teknologi pita lebar (*broadband*) yang memungkinkan akses data kecepatan tinggi dengan latensi yang relatif semakin kecil. Kehadiran teknologi pita lebar juga diyakini memberikan kontribusi positif terhadap pertumbuhan perekonomian di

sebuah negara. Pada tataran global, menurut (Kim, Kelly, & Raja, 2010), peningkatan penetrasi pita lebar sebesar 10% dapat mempercepat pertumbuhan ekonomi negara berpendapatan rendah dan sedang sebesar 1,38% dan 1,21% di negara berpendapatan tinggi. Dalam studi serupa, McKinsey & Company (McKinsey & Company, 2009) mengestimasi setiap peningkatan penetrasi pita lebar pada rumah tangga sebesar 10% akan mendorong pertumbuhan PDB sebuah negara antara 0,1% sampai dengan 1,4%. Untuk Indonesia, berdasarkan studi yang dilakukan oleh Katz (Katz, 2012) menyimpulkan peningkatan penetrasi teknologi pita lebar sebesar 1% akan berdampak terhadap pengurangan pertumbuhan pengangguran sebesar 8.6163%. Hal senada di sampaikan oleh GSMA (Boston Consulting, 2010) bahwa pembangunan jaringan pita lebar bergerak pada pita 700 MHz akan menstimulasi peningkatan produktivitas pada sektor industri jasa sebesar 0,4% dan 0,2% untuk industri manufaktur. Selain keuntungan dari sisi ekonomi, hasil studi juga menyimpulkan adanya korelasi antara kehadiran layanan pita lebar dengan kehidupan sosial. Hasil studi yang dilakukan oleh SQW Group memperkirakan terjadi penghematan waktu sebesar 60 juta jam per tahun di Inggris dengan adanya layanan pita lebar yang lebih cepat untuk memfasilitasi kerja jarak jauh (*teleworking*). Hal ini terjadi karena dengan bekerja jarak jauh di rumah, waktu yang sedianya diperlukan untuk perjalanan menuju tempat bekerja dapat digunakan untuk bersama keluarga atau kegiatan sosial lainnya. Studi yang sama juga menunjukkan adanya kontribusi positif layanan pita lebar terhadap lingkungan. *Teleworking* dan *teleconference* yang dapat difasilitasi dengan layanan pita lebar akan mengurangi penggunaan alat transportasi yang pada muaranya akan mengurangi emisi gas CO₂.

Menilik banyaknya manfaat yang dihasilkan, pembangunan jaringan pita lebar merupakan sebuah keharusan dan menjadi program nasional. Pemerintah Indonesia telah meluncurkan rencana pita lebar Indonesia (RPI) pada tahun 2014 yang disusun oleh Bappenas dengan melibatkan semua pemangku kepentingan baik pemerintah, swasta maupun masyarakat. Melalui dokumen RPI, Pemerintah Indonesia menetapkan sasaran kecepatan akses pita lebar dalam rentang waktu dari tahun 2014 sampai dengan tahun 2019 yang terbagi ke dalam dua klasifikasi wilayah, yaitu perkotaan dan perdesaan. Masing-masing kelompok dibagi lagi ke dalam kategori akses tetap dan akses bergerak. Kecepatan akses bergerak untuk wilayah perkotaan pada tahun 2015, ditargetkan dapat mencapai 512 Kbps dengan tingkat penetrasi sebesar 100% dan ditingkatkan menjadi 1 Mbps mulai tahun 2016. Sedangkan untuk daerah perdesaan, target kecepatan akses sebesar 512 Kbps dengan tingkat penetrasi 35% ditargetkan dapat tercapai pada tahun 2016 dan ditingkatkan menjadi 40% pada tahun 2017. Mulai tahun 2018, kecepatan akses bergerak di perdesaan ditargetkan meningkat menjadi mencapai 1 Mbps dengan tingkat penetrasi sebesar 35% dan 52% pada tahun 2019 (Perpres RI No.96, 2014). Untuk dapat memenuhi target akses pita lebar bergerak, ketersediaan dan kecukupan spektrum frekuensi sebagai media transmisi data pada akses nirkabel mutlak diperlukan. Kendati terdapat opsi lain yang dapat diambil untuk dapat mengimbangi pertumbuhan trafik data yang terus meningkat, yakni dengan meningkatkan efisiensi spektrum frekuensi (*upgrade* teknologi) dan dengan lebih mengintensifkan *reuse* dari spektrum (Clarke, 2014), penambahan alokasi frekuensi radio diklaim lebih menguntungkan karena dapat menekan investasi. Setiawan (Setiawan, 2013) menyatakan *digital dividen* sebesar 2x45 MHz dari hasil *refarming* spektrum pada pita 700 MHz akan dapat menekan investasi sebesar 147 triliun rupiah. Hal senada pernah disampaikan oleh FCC (FCC, 2010) bahwa penambahan alokasi spektrum pada tahun 2014 sebanyak 275 MHz akan menghemat investasi kapital sebesar 120 miliar USD.

International Telecommunication Union (ITU) telah merilis estimasi kebutuhan spektrum pada tahun 2020 yang berkisar antara 1.340 MHz sampai dengan 1.960 MHz (ITU-R M.2290-0, 2013). Namun demikian, Indonesia tidak serta merta dapat menggunakan estimasi tersebut sebagai acuan kebutuhan spektrum di Indonesia, mengingat densitas pengguna, penetrasi serta kebutuhan kecepatan akses layanan serta parameter-parameter lain yang digunakan sangat bervariasi antara negara satu dengan negara lainnya termasuk Indonesia. Kritik terhadap hasil estimasi ITU disampaikan oleh LS Telecom (LS Telecom, 2014) yang menyebutkan estimasi kebutuhan trafik yang dihasilkan cenderung berlebihan. Beutler dan Ratkaj (Beutler & Ratkaj, 2014) juga menyatakan bahwa ditemukan celah pada hasil estimasi yang dihasilkan, terutama pada asumsi masukan dan pendekatan matematis yang digunakan. Untuk di Indonesia, studi untuk

menganalisa kebutuhan spektrum frekuensi di Indonesia sudah pernah dilakukan. Menurut Aditya Yoga Perdana (Perdana, 2009), dengan menggunakan dua teknologi 4G (LTE dan Wimax), pada rentang tahun 2015-2017 Indonesia membutuhkan tambahan alokasi spektrum antara 15 MHz – 150 MHz. Kebutuhan tambahan alokasi terus bertambah antara 470 MHz-750 MHz pada rentang tahun 2018-2019 dan terus meningkat menjadi 1230 MHz – 1735 MHz pada tahun 2020. Namun demikian, hasil estimasi kebutuhan spektrum frekuensi ini didasarkan pada parameter masukan berupa kebutuhan kecepatan akses data per pengguna yang merujuk kepada target kecepatan akses di India yang sangat jauh berbeda dengan target rencana pita lebar di Indonesia. Disamping itu, studi juga dilakukan jauh sebelum diluncurkannya Peraturan Pemerintah tentang rencana pita lebar Indonesia. Direktur Jenderal SDPPI pada tahun 2014 menyampaikan bahwa defisit spektrum di Indonesia akan terjadi sejak tahun 2013 sebanyak 16 MHz dan akan terus meningkat dari tahun 2014 sampai tahun 2020 berturut-turut sebanyak 53 MHz, 100 MHz, 157 MHz, 214 MHz, 297 MHz, 383 MHz dan 500 MHz seperti diperlihatkan dalam Gambar 1 (Direktur Jenderal SDPPI, 2014). Estimasi defisit spektrum tersebut didasarkan pada asumsi bahwa pertumbuhan trafik data pada rentang tahun-tahun tersebut adalah 60% per tahun dan pertumbuhan jumlah site 28,8% per tahun. Walaupun estimasi ini disampaikan pada rakornas kemkominfo tahun 2014, pelaksanaan studi dilakukan pada tahun-tahun sebelumnya sebelum diluncurkan rencana pita lebar Indonesia. Studi ini berusaha mengestimasi kebutuhan akan spektrum frekuensi di wilayah perkotaan di Indonesia sampai tahun 2019 dengan pendekatan yang berbeda yaitu dengan menggunakan sasaran Rencana Pita Lebar Indonesia sebagai parameter masukan dan tidak memperhatikan tren pertumbuhan trafik saat ini dan di masa mendatang. Disamping itu, estimasi kebutuhan spektrum pada studi ini tidak memasukkan kebutuhan spektrum untuk komunikasi suara ke dalam perhitungan. Kebutuhan spektrum frekuensi suara yang akan dibahas pada akhir makalah ini semata-mata hanya berdasarkan asumsi dengan mengacu pada beberapa makalah yang ada. Karena sulitnya mendapatkan data faktual mengenai jumlah site per operator dan pembagiannya untuk masing-masing kategori tipe site (makro, mikro dan *in building*) maka pada studi ini dilakukan pendekatan ideal dengan melakukan *coverage dimensioning* untuk mendapatkan luas maksimum yang dapat dilayani oleh sebuah site yang pada muaranya akan diperoleh hasil perhitungan berupa maksimum jumlah pengguna yang didapat dilayani oleh sebuah site. Walaupun rencana pita lebar Indonesia berisi target pencapaian antara tahun 2014-2019, studi ini hanya mengestimasi kebutuhan spektrum mulai tahun 2016. Hal ini didasarkan pada pertimbangan bahwa studi ini dilaksanakan pada semester kedua tahun 2015, sehingga hasil studi tidak memungkinkan untuk dijadikan sebagai bahan masukan di tahun berjalan.



Asumsi: Pertumbuhan trafik data 60% per tahun dan pertumbuhan site 28,8% per tahun

Gambar 1. Estimasi kebutuhan spektrum 2011-2019
Sumber: (Direktur Jenderal SDPPI, 2014)

2. Tinjauan Pustaka

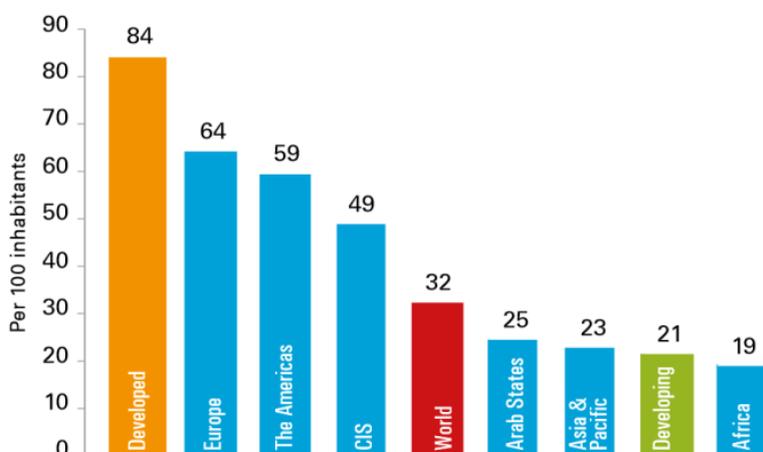
Terdapat perbedaan pendefinisian kecepatan akses pita lebar di masing-masing negara di Dunia. Pada tahun 2015, *Federal Communications Commission* (FCC) telah menetapkan kembali kecepatan minimum

untuk layanan pita lebar, yaitu sebesar 25 Mbps untuk *download* dan 3 Mbps untuk *upload*. Pendefinisian kecepatan ini meningkat dari definisi sebelumnya yang menetapkan layanan pita lebar sebagai layanan dengan kecepatan *download* dan *upload* berturut-turut sebesar 4 Mbps dan 1 Mbps. Pendefinisian ulang tersebut dilakukan sebagai bagian dari laporan perkembangan implementasi layanan pita lebar di Amerika Serikat.

Di Indonesia, definisi akses pita lebar (*broadband*) adalah akses internet dengan jaminan konektivitas yang selalu tersambung, terjamin ketahanan dan keamanan informasinya serta memiliki kemampuan *triple-play* dengan kecepatan minimal 2 Mbps untuk akses tetap (*fixed*) dan 1 Mbps untuk akses bergerak (*mobile*). Definisi ini tertuang dalam Peraturan Presiden No.96 tahun 2014 tentang Rencana Pita Lebar Indonesia 2015-2019.

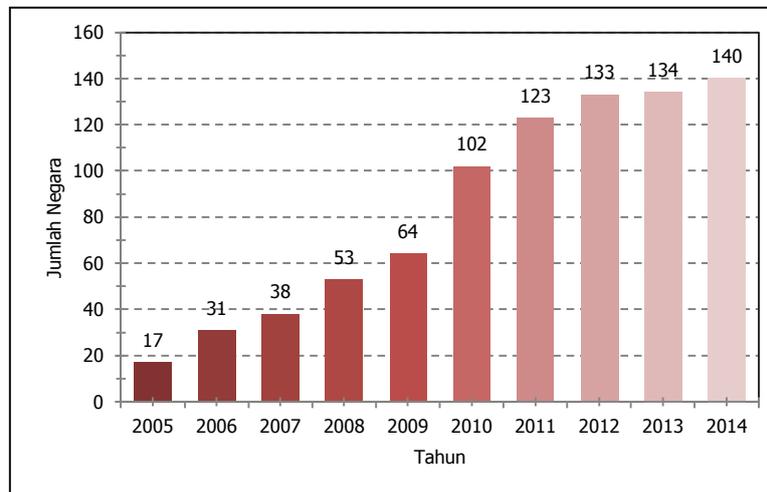
2.1. *Broadband* di Dunia

Pada tahun 2010, ITU dan UNESCO membentuk sebuah komisi yang dinamai *Broadband commission for digital development* yang memiliki tujuan untuk mempromosikan penyebaran teknologi pita lebar berkecepatan tinggi dan berkapasitas besar dengan manfaat ekonomis dan sosial yang besar pula. Penggelaran jaringan pita lebar juga diklaim dapat mengakselerasi pencapaian target *Millennium Development Goals* (MDGs). *Broadband commission* memiliki beberapa target yang harus dicapai pada akhir tahun 2015, yaitu: Semua negara harus memiliki rencana pita lebar nasional atau memasukkan *broadband* sebagai bagian dari akses universal; Harga layanan pita lebar harus terjangkau (kurang dari 5% dari rata-rata pendapatan per bulan); 40% rumah tangga di negara berkembang memiliki akses internet dan penetrasi pengguna internet di seluruh dunia sebesar 50% (Broadband Commission, 2014). Di Indonesia sendiri sampai akhir tahun 2014 dilaporkan terdapat pengguna internet sebanyak 88,1 juta. Jumlah tersebut sama dengan 34,9% dari total penduduk di Indonesia. Dengan demikian, untuk dapat mencapai target MDGs, diperlukan usaha untuk meningkatkan penetrasi sebanyak 15,1% (APJII, 2015). Gambar 1 memperlihatkan estimasi teledensitas pengguna layanan pita lebar bergerak pada akhir tahun 2014 yang menggambarkan tingkat penetrasi layanan pita lebar per 100 penduduk. Penetrasi tertinggi terjadi di negara-negara Eropa yaitu sebesar 64% diikuti oleh Amerika sebesar 59% dan *Commonwealth of Independent States* (CIS) sebesar 49%. Ketiga persentase penetrasi tersebut berada di atas rata-rata persentase dunia yang berada pada kisaran 32%. Sementara itu negara-negara Arab, Asia pasifik dan Afrika memiliki presentase penetrasi layanan pita lebar berturut-turut sebesar 25%, 23% dan 19%. Walaupun penetrasi layanan pita lebar di Afrika merupakan yang paling rendah, akan tetapi tingkat pertumbuhannya merupakan yang paling tinggi dibanding negara-negara lainnya (ITU-D Statistics, 2014).



Gambar 2. Estimasi pengguna pita lebar bergerak per 100 penduduk (ITU-D Statistics, 2014)

Untuk memberikan arah yang jelas dalam pencapaian target penyediaan layanan pita lebar, pemerintah perlu menyusun dan menetapkan dokumen kebijakan terkait implementasi layanan pita lebar yang berisi target yang terukur dan strategi pencapaian target secara mendetail dan cara mengevaluasi pencapaian pada periode tertentu. Pada tahun 2014 tercatat sebanyak 140 negara telah memiliki rencana pita lebar. Pertumbuhan jumlah negara yang memiliki rencana pita lebar sejak tahun 2005 sampai dengan 2014 disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Jumlah negara yang memiliki rencana pita lebar (Biggs, 2014)

2.2. Rencana Pita Lebar Indonesia

Seperti halnya negara-negara lain di dunia, Indonesia sebagai salah satu negara dengan tingkat pertumbuhan penggunaan layanan komunikasi data yang cukup tinggi telah merumuskan dan menetapkan rencana pita lebarnya yang tertuang di dalam Peraturan Presiden Nomor 96 Tahun 2014. Rencana Pitalebar Indonesia (RPI) 2014 - 2019 disusun untuk memberikan panduan dan arah bagi pembangunan pita lebar nasional. Sinergi dan kolaborasi menjadi kata kunci bagi keberhasilan pembangunan pita lebar nasional.

Selain menetapkan target kecepatan akses data untuk masing-masing kategori wilayah, yaitu wilayah perkotaan dan perdesaan, RPI juga menetapkan target harga layanan maksimum sebesar 5% dari rata-rata pendapatan bulanan pada akhir tahun 2019 dan tercapainya target pengembangan pada 5 (lima) sektor prioritas yang meliputi e-Pemerintahan, e-Kesehatan, e-Pendidikan, e-Logistik dan e-Pengadaan. Tabel 1 menyajikan sasaran kecepatan akses pita lebar di Indonesia dalam rentang waktu dari tahun 2014 sampai dengan 2019 untuk kategori akses bergerak.

Tabel 1. Sasaran kecepatan akses pita lebar bergerak di Indonesia

Jaringan Akses	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Perkotaan						
Akses Bergerak						
Kecepatan	512 kbps	512 kbps	1 Mbps	1 Mbps	1 Mbps	1 Mbps
Target penetrasi	93%	100%	100%	100%	100%	100%
Perdesaan						
Akses Bergerak						
Kecepatan	128 kbps	256 kbps	512 kbps	512 kbps	1 Mbps	1 Mbps
Target penetrasi	27%	31%	35%	40%	45%	52%

Sumber : (Bappenas, 2014)

2.3. Penelitian Sejenis

Banyak studi telah dilakukan untuk mengestimasi kebutuhan spektrum frekuensi dengan berbagai tujuan dan metode yang digunakan. Rana dan Hong (Rana & Hong, 2014) berusaha menganalisis metode perhitungan kebutuhan spektrum untuk sistem *International Mobile Telecommunication* (IMT) yang dikembangkan oleh *International Telecommunication Union* (ITU) yaitu ITU-R Rec.M1768. Menurut Rana dan Hong, metode tersebut kurang cocok apabila digunakan untuk mengestimasi kebutuhan spektrum di negara yang sedang berkembang mengingat parameter yang digunakan cenderung tersedia di sebagian besar negara berpenghasilan dan dengan indeks pembangunan yang tinggi. Berdasarkan pertimbangan tersebut, Rana dan Hong berusaha menyajikan sebuah pendekatan alternatif untuk melakukan perhitungan kebutuhan spektrum berdasarkan parameter-parameter yang sekiranya dapat diaplikasikan pada negara-negara yang sedang berkembang. Pada studi tersebut, keduanya mencoba mengaplikasikannya untuk menghitung kebutuhan spektrum di Bangladesh pada tahun 2010, 2015 dan 2020 untuk kemudian membandingkannya dengan hasil yang diperoleh dengan menggunakan metode dari ITU. Dalam kesimpulannya, penulis mengestimasi kebutuhan spektrum di Bangladesh pada tahun 2020 adalah sebanyak 1.220 MHz. Estimasi ini berbeda dari hasil yang diperoleh dengan menggunakan metode dari ITU, yaitu sebanyak 1.160 MHz dan 1.720 MHz berturut-turut untuk tingkat kepadatan pengguna yang rendah dan tinggi.

Clarke (Clarke, 2014) dalam studinya mencoba mengkuantifikasi tantangan ekonomis dan tantangan teknis terkait dengan pemenuhan kapasitas jaringan untuk mengimbangi pertumbuhan *demand* di Amerika Serikat. Metode penambahan kapasitas yang dibahas pada studi ini meliputi penambahan alokasi spektrum, mengintensifkan *reuse* spektrum dan penggunaan teknologi dengan efisiensi spektral yang lebih tinggi (*upgrade* teknologi). Dalam kesimpulannya penulis menyatakan kemungkinan terjadinya defisit spektrum yang signifikan setelah tahun 2016. Untuk menjaga agar defisit tetap terkendali, penulis menyarankan untuk secepatnya mengalokasikan penambahan spektrum sebesar 300 MHz seperti yang diusulkan di dalam rencana pita lebar Amerika Serikat. Disamping itu, untuk menjaga agar bisnis layanan nirkabel tetap berjalan baik, hasil analisis menunjukkan perlunya penambahan alokasi spektrum sebesar 560 MHz dalam periode waktu antara 2014 sampai dengan 2022.

Coleago Consulting (Coleago Consulting, 2013) melakukan studi untuk GSMA dengan membuat sebuah model untuk memperkirakan kebutuhan spektrum dimasa yang akan datang dan mengaplikasikannya untuk 4(empat) negara yang berbeda, yaitu Inggris, Brazil, China dan Amerika Serikat. Model yang diusulkan membutuhkan parameter masukan berupa jumlah riil BTS makro yang sudah terpasang (N) dan potensi pertumbuhan kepadatannya dimasa mendatang, jumlah trafik (T), faktor pengali beban untuk site dengan tingkat kepadatan yang sangat tinggi (M) serta kapasitas tiap BTS (C). Dengan menggunakan model ini, Inggris, Brazil, China dan Amerika Serikat diperkirakan membutuhkan spektrum masing-masing sebanyak 2074 MHz, 2080 MHz, 1844 MHz dan 1939 MHz.

Beberapa studi lainnya juga pernah dilakukan untuk mengestimasi kebutuhan spektrum di negara tertentu dan hasil estimasi disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil estimasi kebutuhan spektrum di beberapa negara yang disampaikan pada pertemuan WP 5D

Sumber	Metodologi	Hasil estimasi	
		Disampaikan pada Oktober 2012	Disampaikan pada Januari 2013
(a)	(b)	(c)	(d)
FCC	Baru	Tambahan 275 MHz pada 2014	-
Australia	Baru	1081 MHz pada tahun 2020	-
Federasi Rusia	Baru	1065 MHz pada tahun 2020	-
Jepang	ITU M.1768	2020 MHz pada tahun 2020	1140 - 1700 MHz pada tahun 2020

Sumber	Metodologi	Hasil estimasi	
		Disampaikan pada Oktober 2012	Disampaikan pada Januari 2013
(a)	(b)	(c)	(d)
Da Tang Telecom. Technology & Industry Holding Co. Ltd, etc.	ITU M.1768	1700 - 2100 MHz pada tahun 2020	-
Huawei Technologies Co. Ltd., etc.	ITU M.1768	1240 - 1880 MHz pada tahun 2020	-
GSMA	Baru	1600 - 1800 MHz pada tahun 2020	1600 - 1800 MHz pada tahun 2020
India	Baru	Tambahan 500 MHz pada tahun 2020	-
Telefon AB - LM Ericsson, etc.	ITU M.1768	-	1160 - 1840 MHz pada tahun 2020
China	ITU M.1768	-	1490 - 1810 MHz pada tahun 2020

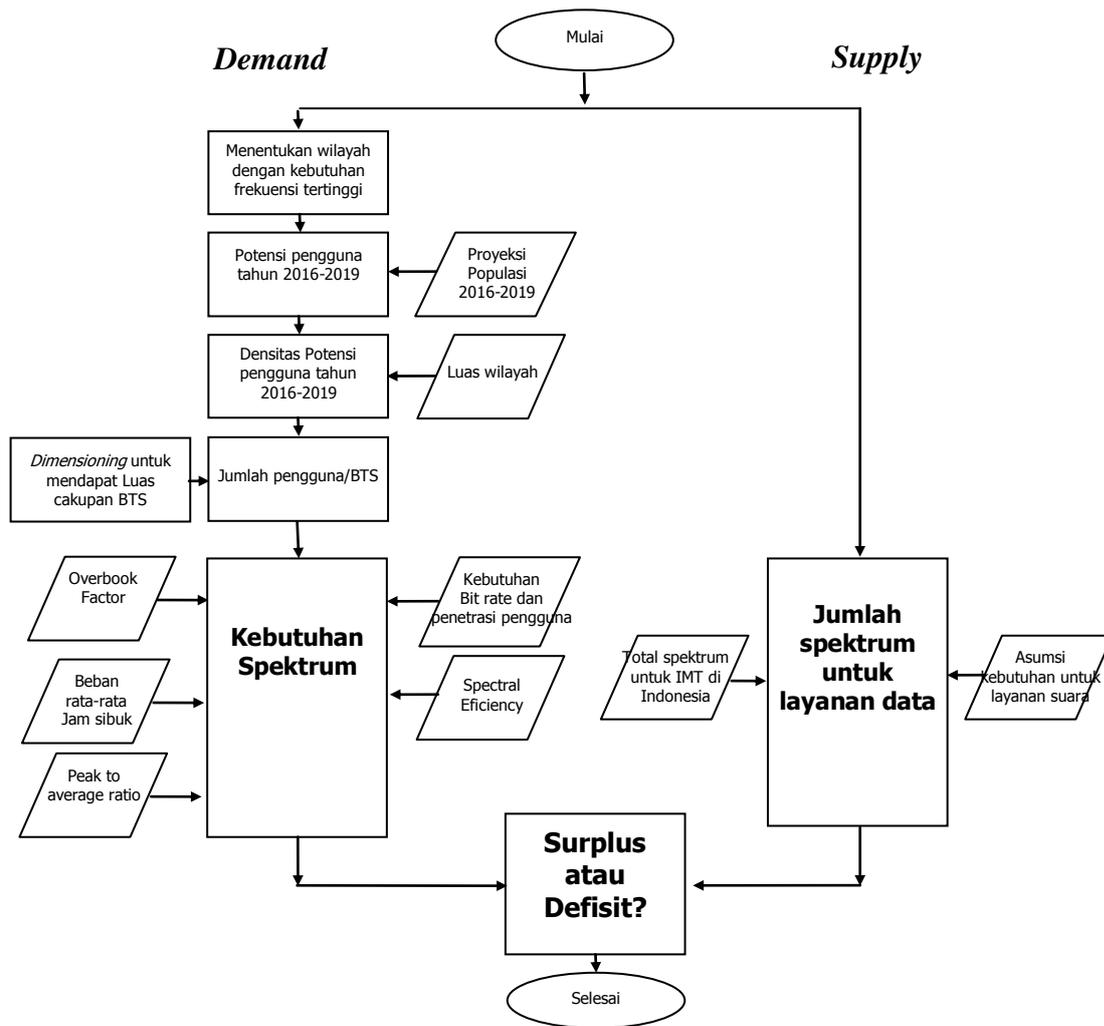
Sumber: (Pang, Wang, Li, & Huang, 2013)

3. Metode Penelitian

Metode untuk menghitung kebutuhan spektrum yang digunakan oleh Yuniarti (Yuniarti, 2015) diawali dengan mengasumsikan kebutuhan kecepatan akses untuk setiap petugas yang terlibat dalam *Public Protection and Disaster Relief* (PPDR) dilanjutkan dengan melakukan *network dimensioning*, menghitung kepadatan pengguna dan mengkalkulasi kebutuhan spektrum untuk keperluan PPDR pada pita 400 dan 800 MHz. Rana dan Hong (Rana & Hong, 2014) menghitung kebutuhan spektrum dengan menggunakan metode ITU-R-Rec.M1768 dengan beberapa penyesuaian terkait asumsi kecepatan akses, kecepatan peningkatan penetrasi dan kepadatan penduduk. Chung et.al (Chung, Lim, Yook, & Park, 2007) melakukan estimasi kebutuhan spektrum dengan menggunakan metode dari ITU dengan memodifikasi nilai efisiensi spektrum dan kepadatan pengguna. Yoon et.al (Yoon et al., 2012) mengkalkulasi kebutuhan spektrum untuk pengembangan teknologi IMT-2000 dan teknologi sesudahnya. Dalam proses penghitungan, Yoon et.al menganalisa pengaruh dari distribusi trafik, efisiensi spektrum dan margin penggunaan spektrum fleksibel terhadap kebutuhan spektrum. Di dalam studi ini estimasi kebutuhan dan defisit spektrum di wilayah perkotaan digunakan langkah-langkah seperti yang ditampilkan dalam Gambar 4.

Data yang akan dianalisis merupakan data sekunder yang diperoleh dari berbagai sumber yang terpercaya, baik dari studi yang sudah dilakukan sebelumnya, instansi pemerintah Indonesia maupun dari instansi-intansi internasional terkait. Berdasarkan diagram alir pada gambar 4, penghitungan kebutuhan spektrum frekuensi untuk memenuhi target rencana pita lebar di wilayah perkotaan di Indonesia dilakukan melalui tahap-tahap berikut:

- a. Menentukan wilayah dengan tingkat kebutuhan frekuensi tertinggi.
Tahap ini diawali dengan memilih wilayah perkotaan sebagai sampel perhitungan, dengan pertimbangan bahwa wilayah perkotaan memiliki tingkat kepadatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan perdesaan. Disamping itu, sasaran penetrasi dan sasaran kecepatan akses data untuk wilayah perkotaan juga lebih tinggi dibanding sasaran perdesaan. Tahapan ini dilanjutkan dengan menentukan wilayah perkotaan dengan tingkat densitas tertinggi, dengan asumsi bahwa semakin tinggi kepadatan penduduknya maka kebutuhan akan layanan data akan semakin besar. Sebagai akibatnya, kebutuhan akan spektrum frekuensi juga lebih tinggi. Setiap kanal frekuensi dapat digunakan kembali (*reuse*) oleh BTS yang lain dengan aturan tertentu, sehingga jika wilayah dengan kebutuhan tertinggi dapat terpenuhi, maka wilayah dengan kebutuhan lebih rendah akan dapat terpenuhi pula.
- b. Menentukan jumlah penduduk yang berpotensi akan menggunakan layanan pita lebar.
Langkah yang dilakukan adalah mendapatkan pertumbuhan jumlah penduduk di wilayah yang sudah ditentukan pada langkah (a) antara tahun 2016-2019. Sedangkan jumlah penduduk yang berpotensi menggunakan layanan pita lebar adalah proyeksi jumlah total penduduk dikurangi dengan jumlah penduduk yang memiliki kemungkinan kecil akan memerlukan layanan pita lebar.



Gambar 4. Diagram alir perhitungan kebutuhan spektrum

- c. Menghitung densitas potensi pengguna layanan pita lebar.
Tahap ini dilakukan dengan membagi jumlah potensi pengguna yang diperoleh pada tahapan sebelumnya dengan luas wilayah yang ditempati.
- d. Menghitung cakupan dari sebuah BTS
Untuk menghitung luas cakupan dari sebuah BTS, dilakukan dengan melakukan *dimensioning* jaringan sehingga diperoleh cakupan maksimum dari sebuah BTS. Sebagaimana studi dari Colego Consulting (Colego Consulting, 2013), studi ini hanya mempertimbangkan BTS makro.
- e. Menghitung jumlah pengguna per BTS
Dengan diketahuinya estimasi densitas potensi pengguna (jumlah potensi pengguna per km^2) yang diperoleh dari langkah (c) dan luas cakupan per BTS yang diperoleh dari langkah (d) maka jumlah potensi pengguna yang dapat dilayani oleh sebuah BTS dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1).

Persamaan (1):

$$Subs = A \times dens$$

Dimana *Subs* adalah Jumlah pengguna per BTS (orang), *A* menunjukkan luas cakupan dari satu BTS (km^2) dan *dens* adalah densitas potensi pengguna (orang/ km^2)

f. Menghitung kebutuhan frekuensi

Di dalam Holma&Toskala (Holma & Toskala, 2011) terdapat 2(dua) pendekatan untuk menghitung berapa banyak pengguna yang dapat dilayani oleh sebuah BTS disesuaikan dengan data masukan yang tersedia. Pendekatan pertama adalah berdasarkan volume trafik (*traffic volume based dimensioning*) seperti yang diperlihatkan pada persamaan (2). Pendekatan kedua adalah berdasarkan kebutuhan kecepatan akses data (*data rate based dimensioning*) seperti diperlihatkan pada persamaan (3).

Persamaan 2:

$$Subs = \frac{Cell\ capacity\ [Mbps]}{\frac{8.192Mbit}{GB} \times usage[GB]} \times Sectors \times \frac{seconds}{Hour} \times \frac{days}{month} \times \frac{max\ load\ (\%)}{busy\ hour\ share\ (\%)}$$

Persamaan 3:

$$Subs = \frac{Cell\ capacity\ [Mbps] \times max\ load\ (\%) \times sectors}{User\ data\ rate\ [Mbps] \times overbooking\ factor}$$

Parameter-parameter pada persamaan diatas terdiri dari *cell capacity* yang mengindikasikan kapasitas dari sebuah sel/sector dengan satuan Mbps, *usage* adalah rata-rata penggunaan trafik per orang per bulan dengan satuan GB. Trafik yang digunakan dalam perhitungan adalah trafik pada arah *downlink*. Menurut NSN (Nokia Siemens Networks, 2010), bila rata-rata pengguna mengkonsumsi 5GB per bulan, maka 3,8 GB digunakan untuk komunikasi arah *downlink*. *Sectors* adalah jumlah sektoral pada satu BTS dan *seconds per hour* adalah jumlah detik per jam atau sebesar 3600, *days per month* adalah jumlah hari dalam sebulan yang nilainya ditentukan 30, *max load* adalah beban maksimum jaringan untuk menjaga kualitas layanan (QoS) dan meminimalkan latensi. Nilai dari *max load* yang digunakan di dalam studi ini merujuk kepada (Coleago Consulting, 2013) yaitu berkisar antara 50%-70% dan dalam studi ini diambil nilai tengah yaitu 60%. *Busy hour share* menunjukkan besarnya persentase dari total trafik harian yang terjadi pada jam sibuk. Holma&Toskala (Holma & Toskala, 2011) memberikan nilai dari parameter *busy hour share* sebesar 15%, sedangkan NSN (Nokia Siemens Networks, 2010) sebesar 7%. Pada persamaan (3) terdapat parameter lain, yaitu *user data rate* yang menunjukkan kebutuhan kecepatan akses data per pengguna dan *overbooking factor* yang menunjukkan jumlah maksimal pengguna yang dapat menggunakan sebuah kanal secara simultan. Huawei (Huawei Technologies, 2010) menambahkan parameter *peak to average ratio* (PAR), yang dilakukan untuk mengantisipasi lonjakan trafik pada jam sibuk.

Persamaan (2) dan (3) dapat digunakan untuk menghitung kebutuhan frekuensi dengan membalik parameter jumlah pengguna yang semula sebagai keluaran menjadi parameter masukan, untuk kemudian dihitung besarnya kapasitas sel (*cell capacity*) yang dibutuhkan. Jumlah kebutuhan spektrum frekuensi diperoleh dengan membagi kapasitas sel dengan efisiensi spektral yang nilainya bergantung teknologi yang digunakan. Efisiensi spektral atau *spectral efficiency* yang memiliki satuan bit/s/Hz/sel menunjukkan seberapa efisien sebuah teknologi menggunakan frekuensi dalam proses komunikasi nirkabel. Data yang tersedia untuk studi ini sebagaimana tercantum di dalam Rencana Pita Lebar Indonesia adalah kecepatan akses data per pengguna seperti yang disajikan pada tabel 1 dan jumlah pengguna per BTS yang akan diperoleh dengan melakukan *dimensioning* jaringan. Dengan menentukan nilai PAR sebesar 20%, maka kebutuhan spektrum frekuensi (*freq*) dapat dihitung dengan memodifikasi persamaan (3) menjadi persamaan (4).

Persamaan 4:

$$Freq = \frac{Subs \times User\ data\ rate\ [Mbps] \times overbooking\ factor \times (1 + 20\%)}{max\ load\ [\%] \times sectors \times spectral\ efficiency[bps /Hz /cell]}$$

- g. Menghitung spektrum yang sudah dialokasikan berdasarkan informasi dari Direktur Jenderal SDPPI dan membuat asumsi penggunaan spektrum untuk komunikasi suara, sehingga diperoleh total jumlah spektrum untuk komunikasi data.
- h. Membandingkan hasil yang diperoleh pada langkah (f) dan langkah (g) sehingga diperoleh besarnya defisit ataupun surplus spektrum.

4. Hasil dan Pembahasan

Analisis dilakukan dengan mengikuti tahapan-tahapan yang telah dijelaskan pada bagian metodologi.

4.1. Menentukan wilayah perkotaan dengan tingkat kebutuhan frekuensi tertinggi.

Berdasarkan data BPS (BPS, 2014), pada tahun 2013 DKI Jakarta merupakan provinsi dengan tingkat kepadatan penduduk tertinggi di Indonesia dengan kepadatan penduduk 15.015 jiwa per km² disusul oleh Jawa Barat, Banten, Jawa Timur dan Jawa Tengah dengan tingkat kepadatan penduduk berturut-turut 1.282, 1.185, 1.147, 1.104 per km². Terlihat bahwa perbedaan kepadatan antara Jakarta dan provinsi lainnya sangat jauh dan berdasarkan sumber yang sama, DKI Jakarta selalu menjadi provinsi terpadat di Indonesia. Disamping itu, Jakarta juga merupakan kota dengan tingkat mobilitas dan kegiatan ekonomi tertinggi di Indonesia serta kota dengan tingkat penetrasi layanan telekomunikasi nirkabel paling besar dibanding wilayah lainnya. Dengan pertimbangan-pertimbangan tersebut, maka perhitungan kebutuhan frekuensi akan dilakukan dengan memilih DKI Jakarta sebagai wilayah yang menjadi fokus analisis.

4.2. Menentukan jumlah penduduk yang berpotensi akan menggunakan layanan pita lebar.

Penetrasi penggunaan telepon cerdas dan layanan data di wilayah DKI Jakarta sangat masif dan penggunanya tidak lagi mengenal batas usia. Namun demikian, untuk menghindari *overestimate* dan agar bisa lebih menggambarkan kondisi wilayah perkotaan di Indonesia secara umum, maka dalam studi ini jumlah penduduk yang berpotensi menggunakan layanan pita lebar merupakan proyeksi jumlah penduduk total yang mengacu pada proyeksi BPPN et.al (BPPN, BPS, & UNPFA, 2013) dengan mengecualikan penduduk dengan usia dibawah 9 tahun dan diatas 65 tahun. Sehingga diperoleh angka seperti yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Potensi pengguna layanan akses pita lebar

Tahun	Proyeksi BPPN, BPS dan UNPFA			Potensi pengguna pita lebar
	Total penduduk	Usia 0-9 tahun	Usia > 65 tahun	
(a)	(b)	(c)	(d)	(e) = b-(c+d)
2016	10.277.600	1.814.400	399.300	8.063.900
2017	10.374.200	1.827.700	425.000	8.121.500
2018	10.467.600	1.833.300	453.000	8.181.300
2019	10.557.800	1.829.700	483.600	8.244.500

Sumber: Data diolah dari proyeksi penduduk oleh (BPPN et al., 2013)

Karena seluruh wilayah Jakarta merupakan perkotaan dan target penetrasi tahun 2016-2019 untuk wilayah perkotaan adalah 100%, maka target jumlah penduduk yang terlayani oleh akses pita lebar bergerak/nirkabel adalah sama dengan proyeksi potensi pengguna pita lebar yang disajikan pada tabel 3.

4.3. Menghitung densitas potensi pengguna layanan pita lebar.

Tahap ini dilakukan dengan membagi jumlah penduduk yang berpotensi menggunakan layanan pita lebar di seluruh wilayah DKI Jakarta dengan luas wilayah DKI Jakarta. Berdasarkan (Permendagri No.39, 2015), DKI Jakarta yang terdiri dari 6(enam) wilayah kabupaten/kota, yaitu Kabupaten Administrasi

Kepulauan Seribu, Kota Administrasi Jakarta Pusat, Kota Administrasi Jakarta Barat, Kota Administrasi Jakarta Utara, Kota Administrasi Jakarta Timur dan Kota Administrasi Jakarta Selatan, memiliki wilayah seluas 664,01 Km². Dengan mengasumsikan bahwa penduduk yang berpotensi menggunakan layanan akses pita lebar menyebar merata di seluruh wilayah DKI Jakarta dan luas wilayah DKI Jakarta tidak mengalami perubahan selama rentang waktu antara 2016-2019, diperoleh densitas potensi pengguna seperti disajikan pada tabel 4.

Tabel 4. Densitas potensi pengguna di DKI Jakarta 2016-2019

Tahun	Potensi pengguna layanan pita lebar	Luas wilayah DKI Jakarta (Km ²)	Densitas potensi pengguna
(a)	(b)	(c)	(d) = (b)/(c)
2016	8.063.900	664,01	12.145
2017	8.121.500	664,01	12.231
2018	8.181.300	664,01	12.322
2019	8.244.500	664,01	12.417

Sumber: data diolah dari langkah 4.2 dan data kemendagri (Permendagri No.39, 2015)

4.4. Menghitung cakupan dari sebuah BTS

Untuk mendapatkan cakupan dari sebuah BTS, yang harus dilakukan pertama kali adalah menentukan nilai *Maximum Allowable Path Loss* (MAPL) atau *pathloss* (rugi-rugi lintasan) maksimum yang terjadi pada proses pengiriman dan penerimaan informasi antara pengirim (*transmitter*) dan penerima (*receiver*). Perhitungan MAPL disajikan pada Tabel 5. Perhitungan MAPL dilakukan pada arah *uplink* (UE ke BTS) dengan pertimbangan bahwa daya pancar dari UE jauh lebih kecil dari daya pancar BTS. Hal ini untuk menjamin kuat sinyal yang diterima pada kedua arah (*uplink* dan *downlink*) berada di atas atau sama dengan level sensitivitas perangkat.

Tabel 5. Perhitungan maksimum pathloss

Variabel	Satuan	Nilai	kode
Transmitter (UE)			
UE TX Power	dBm	23	A
Tx antenna gain	dBi	0	B
Body Loss	dB	1	C
EIRP (dBm)	dBm	22	d=a+b-c
Receiver (Base Station)			
Noise figure	dB	5.00	e
Thermal Noise	dBm	-106.99	f=k*T*B
Receiver Noise floor	dBm	-101.99	g=e+f
SINR	dB	-7.00	h
Receiver Sensitivity	dBm	-108.99	i=g+h
Interference Margin	dB	2.00	j
Cable loss	dB	2.00	k
Rx antenna gain	dBi	12.00	l
MHA		2.00	m
Maximum path loss	dB	139.99	n=d-i-j+k+l-m
Log-normal fading margin	dB	7.30	o
Soft handover gain	dB	2.00	p
Indoor loss (dB)	dB	0.00	q
MAPL	dB	134,69	r=n-o+p-q

Nilai dari parameter *thermal Noise* pada tabel 5 merupakan hasil perkalian logaritmis antara konstanta Boltzman (k), temperatur (T) , dan lebar pita (Hz). Persamaan logaritmis dan nilai dari *thermal Noise* dengan nilai k sebesar $1,38 \times 10^{-23}$ J/K , temperatur 290 K dan lebar pita sebesar 5 MHz disajikan pada persamaan 5 .

Persamaan (5):

$$\begin{aligned} \text{Thermal noise} &= 10x(\log(1,38 \times 10^{-23}) + \log(290) + \log(5.000.000)) \\ &= -137,45 \text{ dB} = -106,99 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Untuk mendapatkan jarak maksimum pancaran dari sebuah UE dapat dilakukan dengan terlebih dahulu menentukan model propagasi yang tepat. Berdasarkan (ETSI, 2015), terdapat 44 pita frekuensi kerja E-UTRA. Frekuensi terendah berada pada batas bawah pita 31 yaitu 452.5 MHz dan frekuensi tertinggi berada pada batas tertinggi pita 43 yaitu 3.800 MHz. Pada studi ini, frekuensi tengah (antara frekuensi tertinggi dan terendah) dipakai sebagai nilai masukkan variabel frekuensi, yaitu sebesar 2.100 MHz. Ketinggian antenna ditentukan sebesar 30 m untuk antenna BTS dan 1,5 m untuk ketinggian antenna pengguna. Mengacu kepada panduan pemilihan model propagasi oleh ECC-CEPT (ECC-CEPT, 2008), model propagasi extended hatta atau okumura-hatta merupakan yang paling cocok untuk digunakan pada studi ini. Persamaan model okumura hata untuk frekuensi antara 2000 MHz sampai dengan 3000 MHz diperlihatkan pada persamaan (6) sampai dengan (10).

Persamaan (6):

$$\begin{aligned} L_u &= 46,3 + 33,9 \log (2000) + 10 \log \left(\frac{f}{2000} \right) - 13,82 \log(\max\{30, Hb\}) \\ &\quad + [44,9 - 6,55 \text{ Log}(\max\{30, Hb\})] (\log(d))^a - a(Hm) - b(Hb) \end{aligned}$$

Persamaan (7):

$$a(Hm) = (1,1 \log(f) - 0,7) \cdot \min\{10; Hm\} - (1,56 \log(f) - 0,8) + \max \{0; 20 \log \left(\frac{Hm}{10} \right)\}$$

Persamaan (8):

$$b(Hb) = \min \{0; 20 \log \left(\frac{Hb}{30} \right)\}$$

Persamaan (9):

$$a = \begin{cases} 1 & d \leq 20 \text{ km} \\ 1 + (0,14 + 1,87 \times 10^{-4} x f + 1,07 \times 10^{-3} Hb) (\log \frac{d}{20})^{0,8} & 20 \text{ km} < d < 100 \text{ km} \end{cases}$$

Dimana:

- Lu = MAPL = Total loss (dB)
- f = Frekuensi (MHz)
- h_b = Tinggi antenna *Base station* (m)
- h_m = Tinggi antenna *Mobile station* (m)
- d = Jarak antara MS dan BS (km)

Persamaan (10):

$$d = \log^{-1} \left(\frac{\text{MAPL} - 46,3 - 33,9 \log (2000) - 10 \log \left(\frac{f}{2000} \right) + 13,82 \log(\max\{30, Hb\}) + a(Hm) + b(Hb)}{44,9 - 6,55 \text{ Log}(\max\{30, Hb\})} \right)$$

Keterangan:persamaan (10) diturunkan dari persamaan (6) untuk menghitung jarak jangkauan dari BTS

Dengan menggunakan persamaan (10) diperoleh jarak maksimum antara BTS dan UE (nilai d) sejauh 0,81 km. Untuk mendapatkan luas cakupan maksimum per BTS digunakan persamaan (11), dengan asumsi bahwa semua BTS memiliki 3 sektor. Sehingga diperoleh cakupan dari sebuah BTS seluas 1,271 km².

Persamaan (11):

$$A = \frac{9}{8} \times d^2 \times \sqrt{3}$$

4.5. Menghitung jumlah pengguna per BTS

Densitas pengguna per BTS merupakan hasil kali antara luas cakupan dari satu BTS yang diperoleh dari langkah (4.4) dengan densitas potensi pengguna (nilai yang diperoleh dari langkah (4.3)). Dengan menggunakan persamaan (1) diperoleh pengguna per BTS antara tahun 2016 sampai dengan 2019 berturut-turut 15.440, 15.549, 15.665 dan 15.786 orang.

4.6. Menghitung jumlah kebutuhan frekuensi

Tahapan selanjutnya adalah menghitung jumlah spektrum frekuensi yang diperlukan untuk dapat mengimbangi pertumbuhan trafik data di wilayahh perkotaan. Pada studi ini digunakan *frequency reuse* (1,1,3) artinya pada satu kluster terdapat 1(satu) BTS dengan 3(tiga) sektor dengan kanal frekuensi yang sama. Mengacu pada persamaan (4), untuk menghitung kebutuhan spektrum diperlukan nilai masukan berupa jumlah pengguna per BTS, sasaran kecepatan akses per pengguna, penetrasi, *overbooking factor* dan *spectral efficiency*. Jumlah pengguna per BTS diperoleh dari langkah 4.5, sedangkan kecepatan akses per pengguna dan persentase penetrasi disesuaikan dengan target Rencana Pita Lebar Indonesia seperti yang disajikan pada Tabel 1. *Overbooking factor* pada studi ini ditentukan sebesar 20, artinya satu layanan dapat digunakan secara bersama-sama oleh maksimum 20 pelanggan.

Sri Ariyanti (Ariyanti, 2015) mengestimasi penetrasi LTE untuk wilayah Jakarta selatan pada rentang 2016 sampai dengan 2019 berturut-turut sebanyak 5,11%, 6,08%, 7,24% dan 8,63%. Pada studi ini, diasumsikan bahwa estimasi penetrasi 4G LTE di seluruh wilayah Jakarta adalah sama. Dengan demikian, estimasi penetrasi untuk Jakarta Selatan mencerminkan estimasi penetrasi diseluruh wilayah DKI Jakarta. Selain LTE, pemenuhan sasaran RPI untuk komunikasi data nirkabel juga bisa dilakukan dengan menggunakan teknologi 3G, sehingga dalam studi ini teknologi 3G turut diperhitungkan, terlebih 3G diperkirakan masih akan mendominasi DKI Jakarta bahkan Indonesia. Teknologi 3G harus dapat memenuhi sasaran kapasitas dan cakupan yang tidak terlayani oleh LTE, yaitu sebesar 94,89%, 93,92%, 92,76% dan 91,37% dari total potensi pengguna layanan pita lebar. Studi ini tidak memasukkan teknologi 2G ke dalam perhitungan, karena kecepatan akses data yang ditawarkan belum dapat memenuhi sasaran RPI.

Parameter selanjutnya adalah efisiensi spektral. Karena ada dua teknologi yang digunakan, maka nilai efisiensi spektral yang digunakan merupakan gabungan dari keduanya dengan membobotkan nilai efisiensi spektral dari teknologi 3G dan 4G dengan tingkat penetrasi masing-masing. Teknologi 3G sendiri terus berkembang dimulai dari rilis 99 dan terus mengalami peningkatan dalam hal spektral efisiensi. Karena keterbatasan data riil yang diperoleh, maka diasumsikan bahwa teknologi 3G yang digunakan di Indonesia adalah beberapa teknologi rilis terakhir yang terdiri dari HSDPA MRxD, HSPA+ 64 QAM dan HSPA+ dengan MIMO yang memiliki efisiensi spektral *downlink* berturut-turut sebesar 0,9 b/s/Hz/sel dan 1,05 b/s/Hz/sel dengan rata-rata sebesar 1.2 b/s/Hz/sel. Sedangkan untuk teknologi 4G digunakan LTE rel.8 2x2 MIMO yang memiliki efisiensi spektral sebesar 1,4 b/s/Hz/sel (Rysavy, 2014; Rysavy Research, 2013). Dengan membobotkan masing-masing teknologi dengan tingkat penetrasinya diperoleh kombinasi efisiensi untuk tahun 2016-2019 berturut-turut sebesar 1,07 b/s/Hz/ sel; 1,07 b/s/Hz/sel; 1,08 b/s/Hz/sel dan 1,08 b/s/Hz/sel.

Berdasarkan persamaan dan nilai-nilai masukkan yang sudah dibahas sebelumnya, diperoleh estimasi kebutuhan spektrum seperti disajikan pada Tabel 6. Terlihat bahwa kebutuhan akan spektrum frekuensi cenderung konstan. Disamping karena pertumbuhan penduduk DKI Jakarta antara tahun 2015-2020 yang

relatif kecil, yaitu rata-rata sebesar 0,9% (BPPN et al., 2013) hal ini juga disebabkan oleh target penetrasi dan kecepatan akses layanan pita lebar yang sama antara kurun waktu 2016-2019, yaitu sebesar 1 Mbps per pengguna dengan penetrasi 100%. Peningkatan efisiensi spektral juga tidak berpengaruh banyak karena peningkatannya tidak signifikan dari tahun ke tahun. Hal ini dikarenakan penetrasi teknologi 3G (yang memiliki efisiensi spektral lebih kecil) diproyeksikan masih mendominasi dibandingkan 4G.

Tabel 6. Kebutuhan spektrum frekuensi

Tahun	Jumlah Pengguna Per BTS	Target RPI		efisiensi spektral (bit/s/Hz/sel)	Kebutuhan spektrum frekuensi <i>downlink</i> (MHz)
		Kecepatan (Mbps)	Penetrasi(%)		
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
2016	15.440	1	100%	1,07	482
2017	15.549	1	100%	1,07	484
2018	15.665	1	100%	1,08	486
2019	15.786	1	100%	1,08	488

Sumber: data diolah

Direktur Jenderal SDPPI dalam paparannya pada acara rakornas kominfo tanggal 20 November 2014 menyebutkan bahwa pada tahun 2014 sudah dialokasikan spektrum sebanyak 390 MHz, yang terdiri dari alokasi untuk *downlink* dan *uplink* kecuali untuk pita 2300 yang menggunakan teknik TDD, sehingga *uplink* dan *downlink* menggunakan frekuensi yang sama. Namun demikian, pada kenyataannya kebutuhan spektrum untuk arah *downlink* jauh lebih besar mengingat beban trafik yang ditanggungnya juga jauh lebih besar. Pada studi ini diasumsikan bahwa komunikasi *downlink* pada teknik TDD, yaitu pada pita 2300 menggunakan 75% dari total spektrum yang dialokasikan. Pada teknik FDD, *downlink* dan *uplink* menggunakan frekuensi yang berbeda dan besar alokasi untuk masing-masing adalah sebesar setengah dari total spektrum yang telah dialokasikan. Dengan asumsi ini maka total alokasi spektrum *downlink* pada tahun 2014 adalah sebanyak 180 MHz ditambah dengan 22,5 MHz yang berasal dari pita TDD 2300 MHz sehingga diperoleh total sebanyak 202,5 MHz. Berdasarkan paparan Direktur Jenderal SDPPI juga diketahui bahwa pada tahun 2015 direncanakan akan dialokasikan spectrum total sebanyak 120 MHz, 40 MHz dari pita 800 MHz, 20 MHz dari pita 2100 MHz dan 60 MHz berasal dari pita 2300 MHz. Pita 800 MHz dan 2100 MHz menggunakan teknik FDD sehingga alokasi pada arah *downlink* sebanyak setengah dari total alokasi. Sedangkan pita 2300 MHz menggunakan teknik TDD dan seperti asumsi sebelumnya, arah *downlink* menggunakan 75% dari total spektrum yang dialokasikan. Dengan asumsi-asumsi tersebut diperoleh total jumlah alokasi spektrum untuk *downlink* sampai tahun 2015 adalah sebanyak 202,5 MHz pada tahun 2014 ditambah dengan 75 MHz pada tahun 2015 sehingga diperoleh total sebanyak 277,5 MHz. Perhitungan pengalokasian spektrum dapat dilihat pada Tabel 7. Dari total alokasi pada tahun 2014 sebanyak 202,5 MHz seperti yang disajikan pada Tabel 7 kolom (d), diasumsikan pada pita 900 MHz, tiga operator telekomunikasi yang menduduki pita tersebut mengalokasikan frekuensi yang dimilikinya masing-masing 5 MHz untuk keperluan komunikasi data dan sisanya sebanyak 10 MHz untuk komunikasi suara. Pada pita 1800 MHz, diasumsikan empat operator mengalokasikan frekuensi yang didudukinya masing-masing 5 MHz (4x5 MHz) untk komunikasi suara sedangkan sisanya untuk komunikasi data. Untuk operator yang menggunakan teknologi CDMA, komunikasi suara dan data menggunakan spektrum yang sama. Disamping itu, kebutuhan kecepatan akses untuk komunikasi suara sangat kecil, yaitu setara dengan kecepatan data 16 kbps(Nokia Siemens Networks, 2010). Nilai tersebut jauh di bawah kecepatan akses data yang ditargetkan di dalam dokumen rencana pita lebar Indonesia, 1 Mbps. Dengan pertimbangan-pertimbangan tersebut maka tidak ada alokasi khusus untuk komunikasi suara pada operator CDMA. Dengan menggunakan asumsi-asumsi tersebut maka total alokasi spektrum untuk komunikasi data adalah jumlah total spektrum sebanyak 202,5 MHz dikurangi dengan 30 MHz yang dialokasikan khusus untuk komunikasi suara (10 MHz dari pita 900 dan 20 MHz dari pita 1800) yaitu sebanyak 172,5 MHz. Pada

tahun 2015 jumlah tersebut bertambah sebanyak 75 MHz sehingga menjadi 247,5 MHz. Dengan model pengalokasian spektrum seperti itu, maka defisit spektrum pada arah *downlink* yang terjadi dari tahun 2016 sampai dengan 2019 adalah berturut-turut sebanyak 234,5 MHz; 236,5 MHz; 238,5 MHz dan 240,5 MHz. Defisit ini akan menjadi dua kali lipat apabila teknik yang digunakan adalah FDD dan apabila menggunakan teknik TDD maka kebutuhan spektrum akan menjadi 4/3 atau 133,33% dari jumlah defisit tersebut (dengan asumsi penggunaan spektrum arah *downlink* adalah 75% dari total spektrum). Hasil estimasi kebutuhan dan defisit spektrum pada periode 2016 sampai dengan 2019 pada studi ini relatif sama, berbeda dengan hasil estimasi dari Perdana (Perdana, 2009) dan Setiawan (Setiawan, 2013). Meskipun hasil estimasi Perdana dan Setiawan berbeda dari segi jumlah, namun tren kebutuhannya sama yaitu cenderung naik. Hal tersebut dikarenakan parameter yang digunakan sebagai masukan oleh Perdana dan Setiawan juga diasumsikan terus mengalami kenaikan setiap tahunnya. Perdana (2009) mengasumsikan kebutuhan kecepatan akses data dari tahun ke tahun terus meningkat cukup signifikan dan mengacu kepada target kecepatan akses di India yang tentu saja berbeda dari target di dalam dokumen RPI. Di sisi lain, Setiawan (2013) menggunakan parameter masukan berupa estimasi trafik yang diasumsikan terus mengalami kenaikan sebesar 60% per tahunnya. Hasil estimasi dari studi ini juga berbeda dengan estimasi yang dihasilkan di oleh ITU (ITU-R M.2290-0, 2013). Walaupun diakui terdapat perbedaan patokan waktu estimasi, ITU mengestimasi kebutuhan pada tahun 2020 sedangkan studi ini sampai tahun 2019, namun hasil estimasi yang terpaut jauh sepertinya tidak memungkinkan untuk menghasilkan nilai estimasi yang sama meskipun hasil estimasi dari studi ini dilanjutkan sampai dengan tahun 2020. Salah satu faktor yang membedakan adalah target kecepatan akses yang berbeda dimana di dalam estimasi ITU memasukkan kategori layanan multimedia kecepatan tinggi bahkan sangat tinggi yang memerlukan kecepatan akses data yang jauh diatas target kecepatan pita lebar di Indonesia. Parameter masukan yang relatif sama antara tahun 2016 sampai dengan 2019 baik dari sisi kecepatan maupun penetrasi (sebagaimana disebutkan di dalam rencana pita lebar Indonesia) merupakan salah satu faktor yang menyebabkan estimasi yang dihasilkan oleh studi ini cenderung datar. Laju pertumbuhan penduduk tidak memberikan dampak yang besar terhadap hasil akhir mengingat nilainya rata-rata hanya sebesar 0,9% per tahunnya (BPPN et al., 2013). Demikian juga dengan peningkatan efisiensi spektrum yang tidak banyak mengalami perubahan. Hal tersebut dikarenakan sampai tahun 2019 penetrasi teknologi 4G (LTE) diproyeksikan tidak meningkat secara signifikan.

Clarke (Clarke, 2014) menyatakan untuk dapat meningkatkan kapasitas jaringan, selain dengan menambah alokasi spektrum dapat pula dilakukan dengan cara menambah jumlah tower. Dari hasil perhitungan diperoleh hasil apabila pada tahun 2016 jumlah tower meningkat sebanyak 10 %, maka total kebutuhan spektrum akan turun sebesar 9% dan apabila jumlah tower meningkat 20% maka total kebutuhan spektrum akan menurun sebesar 17%.

Akses layanan data di wilayah perkotaan dan perdesaan relatif berbeda dimana wilayah perkotaan cenderung lebih tinggi baik dari sisi penetrasi, jenis layanan yang digunakan, frekuensi penggunaan maupun intensitas penggunaan. Sehingga, kebutuhan spektrum di wilayah perkotaan pun cenderung lebih tinggi dibandingkan kebutuhan di wilayah perdesaan. Oleh karena spektrum dapat di-*reuse*, artinya frekuensi yang sama dapat digunakan di beberapa wilayah geografis yang berbeda dengan tetap mempertimbangkan kemungkinan terjadinya interferensi, maka estimasi kebutuhan spektrum yang diperoleh pada studi ini dapat pula dijadikan acuan kebutuhan spektrum nasional di Indonesia.

Tabel 7. Alokasi spektrum di Indonesia

No	Pita frekuensi	Alokasi spektrum 2014 (MHz)		Rencana tambahan alokasi 2015 (MHz)	
		Total	Asumsi alokasi untuk <i>downlink</i>	Total	Asumsi alokasi untuk <i>downlink</i>
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
1	450	15	7,5		
2	800	32	16	40	20
3	900	50	25*		

No	Pita frekuensi	Alokasi spektrum 2014 (MHz)		Rencana tambahan alokasi 2015 (MHz)	
		Total	Asumsi alokasi untuk <i>downlink</i>	Total	Asumsi alokasi untuk <i>downlink</i>
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
4	1800	150	75*		
5	2100	100	50	20	10
6	1900	13	6,5		
7	2300TDD	30	22,5**	60	45**
	Total	390	202,5	120	75

Sumber: data diolah dari paparan Direktur Jenderal SDPPI (2014)

*Untuk komunikasi suara diasumsikan menggunakan 10 MHz dari pita 900 dan 20 MHz dari pita 1800

**Pada pita TDD, alokasi spektrum arah *downlink* diasumsikan sebanyak 75% dari total

5. Simpulan dan Saran

5.1. Simpulan

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa untuk memenuhi target rencana pita lebar Indonesia di wilayah perkotaan (di luar kebutuhan spektrum untuk komunikasi suara) antara tahun 2016 sampai dengan 2019 dibutuhkan spektrum frekuensi pada arah *downlink* sekitar 482 MHz sampai dengan 488 MHz, dengan defisit spektrum pada arah *downlink* pada rentang tahun yang sama berturut-turut sebesar 234,5 MHz; 236,5 MHz; 238,5 MHz dan 240,5 MHz. Dalam pemenuhannya, akan diperlukan spektrum sebanyak dua kali lipat apabila yang digunakan adalah teknik FDD dan berturut-turut sebanyak 313 MHz; 315 MHz, 318 MHz dan 321 MHz apabila pemenuhannya menggunakan teknik TDD. Dengan melakukan penambahan site pada tahun 2016 sebanyak 10% maka defisit spektrum akan berkurang sebanyak 9% dan apabila jumlah site bertambah 20% maka defisit akan berkurang sebanyak 17%.

Tidak terdapat perbedaan kebutuhan spektrum yang signifikan antara tahun 2016-2019. Disamping karena target penetrasi dan kecepatan akses yang sama pada rentang tersebut, peningkatan pertumbuhan jumlah penduduk di wilayah DKI Jakarta sebagai wilayah yang digunakan sebagai sampel wilayah perkotaan relatif kecil.

Dengan asumsi bahwa kebutuhan di wilayah perdesaan lebih kecil dibandingkan di wilayah perkotaan, hasil estimasi dalam studi ini dapat pula menggambarkan kebutuhan spektrum dalam lingkup nasional.

5.2. Saran

Perlu dilakukan peninjauan kembali terhadap alokasi spektrum frekuensi saat ini terutama pada rentang frekuensi yang ditetapkan sebagai pita frekuensi untuk IMT sehingga diperoleh informasi mengenai rentang pita yang masih memungkinkan untuk dialokasikan untuk memenuhi kebutuhan spektrum, sehingga sasaran Rencana Pita Lebar Indonesia, khususnya untuk layanan pita lebar nirkabel dapat tercapai.

Untuk mengkonfirmasi bahwa kebutuhan spektrum pada studi ini dapat menggambarkan kebutuhan spektrum secara nasional, perlu dilakukan studi untuk mengestimasi kebutuhan spektrum di wilayah perdesaan dengan tetap mengacu kepada target RPI.

6. Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak yang sudah memberikan kontribusi pada studi ini baik secara langsung maupun tidak langsung terutama Puslitbang SDPPI yang sudah memfasilitasi pelaksanaan studi.

Daftar Pustaka

- APJII. (2015). Pengguna Internet Indonesia Tahun 2014, Sebanyak 88,1 Juta (34,9%). Retrieved August 12, 2015, from <http://www.apjii.or.id/read/content/info-terkini/301/pengguna-internet-indonesia-tahun-2014-sebanyak-88.html>

- Ariyanti, S. (2015). Laporan Akhir Studi “Biaya Pembangunan Jaringan Pita Lebar Akses Bergerak Di Indonesia: Kajian Biaya Sosial Ekonomi Adopsi Teknologi.” Jakarta: Puslitbang SDPPI, Kemenkominfo.
- Bappenas. (2014). *Rencana Pita Lebar Indonesia (Indonesia Broadband Plan) 2014 - 2019 (Pertama)*. Jakarta: BAPPENAS.
- Beutler, R., & Ratkaj, D. (2014). *Crystal Ball , Tea Leaves or Mathematics - Forecasting Data Traffic for Mobile Services*. Geneva.
- Biggs, P. (2014). *The State of Broadband 2014: Broadband For All*. Geneva.
- Boston Consulting. (2010). *Socio-economic impact of allocating 700 MHz band to mobile in Asia Pacific*. Retrieved from <http://www.gsma.com/spectrum/wp-content/uploads/2012/03/27796700impactof70022oct10egsin.pdf>
- BPPN, BPS, & UNPFA. (2013). *Proyeksi Penduduk Indonesia 2010-2035*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- BPS. (2014). Distribusi Persentase Penduduk dan Kepadatan Penduduk Menurut Provinsi, 2000-2013. Retrieved April 22, 2015, from <http://www.bps.go.id/linkTabelStatistik/view/id/1277>
- Broadband Commission. (2014). *Broadband Targets for 2015*. Retrieved from http://www.broadbandcommission.org/Documents/Broadband_Targets.pdf
- Chung, W. G., Lim, E., Yook, J. G., & Park, H. K. (2007). Calculation of spectral efficiency for estimating spectrum requirements of IMT-advanced in Korean mobile communication environments. *ETRI Journal*, 29(2), 153–161. doi:10.4218/etrij.07.0106.0105
- Clarke, R. N. (2014). Expanding mobile wireless capacity: The challenges presented by technology and economics. *Telecommunications Policy*, 38, 693–708. doi:10.1016/j.telpol.2013.11.006
- Coleago Consulting. (2013). *Revised spectrum forecasts using the new spectrum model*. Retrieved from <http://www.gsma.com/spectrum/wp-content/uploads/2014/01/Coleago-Report-on-Spectrum-Demand-Model-Results.pdf>
- Direktur Jenderal SDPPI. (2014). *Kebijakan bidang sumber daya dan perangkat pos dan informatika, disampaikan dalam acara rakornas kominfo tanggal 20 November 2014*. Jakarta.
- ECC-CEPT. (2008). Propagation loss on the path between transmitter and receiver. Retrieved from <http://tractool.seamcat.org/wiki/Manual/PropagationModels/Introduction#no1>
- ETSI. (2015). *Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) radio transmission and reception (3GPP TS 36.101 version 12.7.0 Release 12)* (Vol. 0). France.
- FCC. (2010). *Mobile Broadband: The Benefits Of Additional Spectrum*. Washington, DC. Retrieved from <https://transition.fcc.gov/national-broadband-plan/mobile-broadband-paper.pdf>
- Holma, H., & Toskala, A. (2011). *LTE for UMTS Evolution to LTE-Advanced* (2nd ed.). West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd Registered.
- Huawei Technologies. (2010). LTE Radio Network Planning Introduction. Huawei Technologies Co., Ltd.
- ITU-D Statistics. (2014). The World in 2014 ICT Fact and Figures. Retrieved from <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/facts/ICTFactsFigures2014-e.pdf>
- ITU-R M.2290-0. (2013). *Future spectrum requirements estimate for terrestrial IMT*. Geneva.
- Katz, R. L. (2012). *The Impact of Broadband on the Economy : Research to Date and Policy Issues*. Geneva: International Telecommunications Union. Retrieved from https://www.itu.int/ITU-D/treg/broadband/ITU-BB-Reports_Impact-of-Broadband-on-the-Economy.pdf
- Kim, Y., Kelly, T., & Raja, S. (2010). *Building broadband : Strategies and policies for the developing world*. World Bank. Washington DC. doi:10.1596/978-0-8213-8419-0
- LS Telecom. (2014). *Mobile Spectrum Requirement Estimates : Getting The Inputs Right*. Lichtenau.
- McKinsey & Company. (2009). *Mobile broadband for the masses*. Retrieved from www.mckinsey.com/~media/mckinsey/dotcom/client_service/telecoms/pdfs/mobile_broadband_for_the_masses.ashx
- Nokia Siemens Networks. (2010). *Mobile broadband with HSPA and LTE – capacity and cost aspects*. Retrieved from http://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=4555

- Pang, J., Wang, T., Li, J., & Huang, B. (2013). Spectrum Requirements Estimation for the Future IMT Systems : Current Work and Way Forward. *Communications and Network*, 5(September), 467–472.
- Perdana, A. Y. (2009). *Perkiraan Kebutuhan Spektrum Frekuensi untuk Implementasi Layanan Mobile Broadband di Indonesia*. Universitas Indonesia.
- Permendagri No.39. (2015). Peraturan Menteri Dalam Negeri tentang Kode dan Data Wilayah Administrasi Pemerintahan. Indonesia. Retrieved from http://www.kemendagri.go.id/media/documents/2015/02/25/p/e/permen_no_39_thn_2015.pdf
- Perpres RI No.96. (2014). Peraturan Presiden RI No.96 Tahun 2014 tentang Rencana Pita Lebar Indonesia 2014-2019. Jakarta.
- Rana, M. S., & Hong, E.-K. (2014). Spectrum Requirement Estimation For Imt Systems In Developing Countries. *International Journal of Distributed and Parallel Systems (IJDPS)*, 5(1/2/3), 13–28.
- Rysavy, P. (2014). Challenges and considerations in defining spectrum efficiency. *Proceedings of the IEEE*, 102(3), 386–392. doi:10.1109/JPROC.2014.2301637
- Rysavy Research. (2013). *Mobile Broadband Explosion (The 3GPP Wireless Evolution)*. Retrieved from http://www.4gamericas.org/files/7214/0759/2052/4G_Americas_Mobile_Broadband_Explosion_August_2013_9_5_13_R1.pdf
- Setiawan, D. (2013). Krisis Spektrum di Indonesia. Retrieved March 22, 2015, from [http://www.mastel.or.id/files/Denny S - FGD Freq Optim via Sewa Jaringan %26 Freq Pooling.pdf](http://www.mastel.or.id/files/Denny%20S%20-%20FGD%20Freq%20Optim%20via%20Sewa%20Jaringan%20-%20Freq%20Pooling.pdf)
- Yoon, H.-G., Chung, W.-G., Jo, H.-S., Lim, J., Yook, J.-G., & Park, H.-K. (2012). Spectrum requirements for the future development of IMT-2000 and systems beyond IMT-2000 (First published on 2006 and updated on 2012). *Journal of Communications and Networks*, 8(2), 169 – 174. doi:10.1109/JCN.2006.6182744
- Yuniarti, D. (2015). Kebutuhan Frekuensi untuk Public Protection and Disaster Relief (PPDR) Pita Lebar di Indonesia. *Buletin Pos Dan Telekomunikasi*, 13(1), 1–22.