

Analisa Efisiensi Spektral Pada Bts Wilayah 3t Dalam Rangka Optimasi Bandwidth Frekuensi

1st Ardaffa Surya Hananto
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

ardaffasurya@student.telkomuniversity
.ac.id

2nd Linda Meylani
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

lindameylani@telkomuniversity.ac.id

3rd Afif Sasongko P
BAKTI KOMINFO
Jakarta, Indonesia
afif.sas@gmail.com

Abstrak — Penggunaan teknologi seluler saat ini sudah banyak digunakan di Indonesia. Meningkatnya penggunaan koneksi seluler, terbatasnya frekuensi serta luasnya wilayah Indonesia dengan berbagai pulau menjadi tantangan tersendiri untuk menghadirkan layanan telekomunikasi, khususnya di wilayah 3T (daerah Tertinggal, Terdepan, dan Terluar) Jaringan di wilayah 3T hanya dapat menggunakan frekuensi 900MHz dengan bandwidth hanya 10MHz. Dengan keterbatasan bandwidth, salah satu upaya untuk memperbaiki kualitas jaringan adalah dengan meningkatkan spektral efisiensi dan optimasi bandwidth frekuensi pada site-site di wilayah 3T. Dalam pembuatan tugas akhir ini, penulis akan melakukan analisa spektral efisiensi di site 3T (wilayah NTT) dengan menggunakan jaringan LTE pada frekuensi 900MHz dengan bandwidth 5MHz, serta menemukan root cause dari peningkatan dan penurunan spektral efisiensi.

Langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini adalah mendefinisikan formula spektral efisiensi sesuai dengan measurement counter di real network. Kemudian penulis akan menghitung dan membandingkan spektral efisiensi di bulan September dan November, serta menganalisa faktor-faktor yang mempengaruhi spektral efisiensi.

Dari analisa faktor-faktor yang mempengaruhi penurunan spektral efisiensi diperoleh kesimpulan yang akan menjadi rekomendasi perbaikan spektral efisiensi dalam optimasi jaringan

Kata kunci: frekuensi, spektral, efisiensi, LTE, 3T,

I. PENDAHULUAN

Penggunaan telepon seluler di Indonesia saat ini sudah berkembang pesat. Hal ini tidak terlepas dari berkembangnya teknologi informasi dan komunikasi. Setiap tahunnya pemerintah berusaha meluaskan layanan telekomunikasi di Indonesia, termasuk di wilayah 3T.

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki 16.771 pulau. Banyaknya pulau ini menjadi tantangan tersendiri bagi pemerintah untuk menyediakan layanan telekomunikasi, khususnya pada wilayah 3T (Tertinggal, Terdepan, Terluar). Daerah ini memiliki infrastruktur yang tertinggal dari daerah lain dikarenakan berbagai faktor, misalnya akses daerah yang cukup sulit. Oleh karena itu Infrastruktur yang sudah ada dan segera dibangun harus dimaksimalkan

Penggunaan teknologi LTE pada daerah ini akan memberikan dampak positif, misalnya penyebaran informasi

yang jauh lebih cepat sehingga wilayah 3T tidak akan tertinggal secara teknologi. Penyebaran informasi yang lebih cepat ini membuat Masyarakat lebih mudah mendapatkan informasi digital, dan membantu sektor-sektor lain.

Menggunakan teknologi 4G LTE, frekuensi yang digunakan 900MHz, dengan maksimal bandwidth 10MHz. Namun untuk implementasinya menggunakan bandwidth 5MHz. hal ini menyebabkan keterbatasan frekuensi dan akan mempengaruhi ketersediaan bandwidth disana. Salah satu hal yang dapat dilakukan adalah memperbaiki efisiensi spektral.

II. KAJIAN TEORI

A. Efisiensi Spektral

Efisiensi Spektral adalah jumlah bit yang dapat ditransmisikan pada suatu frekuensi per detik. Efisiensi Spektral dinyatakan dengan satuan “bit per detik per hertz” atau bps/Hz. [1] Dikutip dari artikel di TechTarget Pengertian Efisiensi spektral adalah sebagai berikut[2]:

“a cellular network's spectral efficiency is equivalent to the maximum number of bits of data that can be transmitted to a specified number of users per second while maintaining an acceptable quality of service.”

Dalam penyusunan TA ini, penelitian mempunyai data pengukuran berupa data volume dalam satuan kilobyte, dan penggunaan PRB, dan LTE TTI (Transmission Time Interval) pada LTE sebesar 1ms. Dari ketiga data tersebut diatas bisa dirumuskan efisiensi spektral = (data volume (bit)/prb usage(Hz))/LTE TTI (1ms).

$$SE = \frac{\sum \text{Data Volume} \times 8 \times 1000 / 0,001}{(\sum \text{PRB Usage} \times 12 \times 15 \times 1000)} \quad (1)$$

Dimana spectral efficiency adalah jumlah data volume dikalikan dengan 8 sebagai konversi dari byte menjadi bit lalu dikalikan dengan 1000 sebagai konversi dari kilobit menjadi bit. Lalu dibagi dengan jumlah PRB usage dikalikan dengan 12 karena 1 PRB memiliki 12 subcarrier, dikalikan dengan 15 karena 1 buah subcarrier memiliki bandwidth sebesar 15KHz dan dikalikan 1000 sebagai konversi dari KHz menjadi Hz.

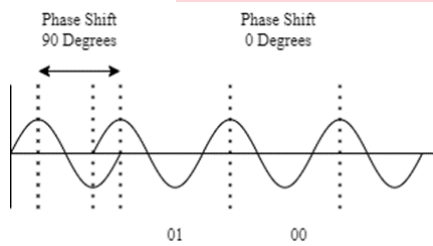
Karena LTE memiliki TTI (Transmission Time Interval) sebesar 1ms, maka dibagi dengan 0,001ms

B. Modulasi

Modulasi adalah proses menumpangkan sinyal digital kedalam sinyal carrier. Modulasi bertujuan mentransmisikan sinyal informasi agar sesuai dengan keadaan sehingga kualitas sinyal tetap maksimal. Modulasi yang digunakan pada 4G LTE adalah QPSK, 16QAM, dan 64QAM.

1. Quadratur Phase Shift Keying

QPSK (*Quadratur Phase Shift Keying*) adalah teknik modulasi digital yang merupakan pengembangan dari modulasi PSK (Phase Shift Keying dengan memanfaatkan perubahan fasa. QPSK memiliki pergeseran lebih banyak dibandingkan dengan BPSK (*Binary-Phase Shift Keying*) dimana pergeseran fasa pada QPSK adalah setiap 90 derajat seperti yang dijelaskan pada Gambar 1[3].



GAMBAR 1 Modulasi QPSK

Dengan pergeseran fasa tersebut, QPSK dapat mentransmisikan 2 *symbol* per bit. Masing masing bit pada QPSK direpresentasikan sebagai 00 jika tidak ada perubahan fasa dan 11 jika terdapat perubahan fasa 180 derajat [3]. Berikut Tabel 1. yang menggambarkan perubahan fasa pada QPSK.

TABEL 1 Perubahan fasa pada QPSK

Symbol	Fasa
00	0 derajat
01	90 derajat
10	180 derajat
11	270 derajat

2. Quadratur Amplitude Modulation

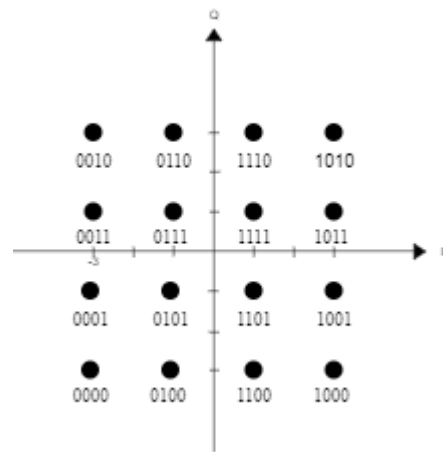
QAM merupakan penggabungan dari 2 buah modulasi Amplituda (ASK) dan Fasa (PSK). QAM juga dapat disebut sebagai *M-Ary Amplitude Phase Keying*[4].

Modulasi ini sangat berguna untuk sistem radio yang memiliki bandwidth terbatas serta menawarkan *bit error rate* yang lebih kecil dibandingkan dengan modulasi M-ary lainnya[4].

QAM Memiliki 2 tipe modulasi yang digunakan pada LTE, diantaranya:

a. 16QAM

Modulasi 16QAM terdiri dari 16 symbol dimana setiap symbol terdiri dari 4bit [5] seperti yang diilustrasikan pada gambar 2 [5].



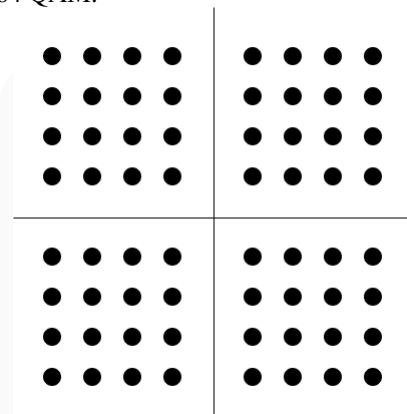
GAMBAR 2 Modulasi 16QAM

Modulasi 16QAM terdiri dari 16 symbol yang terdiri dari 0000 sampai dengan 1111 [6].

b. 64QAM

Modulasi 64QAM termasuk kategori "*High Order Modulation*" karena 64QAM terdiri dari 64 symbol dengan setiap symbol terdiri dari 6 bit[5].

Modulasi 64QAM terdiri dari 6-bit yang terdiri dari 000 000 hingga 111 111. Gambar 3 [7] adalah bentuk diagram dari modulasi 64 QAM.



GAMBAR 3 Modulasi 64 QAM

C. CQI

Channel Quality Indicator (CQI) merepresentasikan seberapa besar noise dan interferensi yang diterima oleh *User Equipment*. Nilai CQI dihitung oleh *User Equipment* (UE) dan dikirimkan ke eNodeB[8]. ENodeB akan melakukan alokasi *sub-band* berdasarkan nilai CQI yang didapatkan oleh UE. Ketika UE mendapatkan nilai CQI yang tinggi pada *sub-band* tertentu, eNodeB akan melakukan alokasi *sub-band* untuk *User Equipment* tersebut.

CQI memiliki nilai index dari 0 hingga 15[7]. Nilai CQI 15 merepresentasikan 64QAM. Semakin besar nilai dari CQI maka modulasi yang akan digunakan akan semakin baik. Berikut Tabel 2 yang menjelaskan korelasi CQI terhadap modulasi yang digunakan[8].

TABEL 2
Channel Quality Indicator

CQI Index	Modulation	Approximate	Efficiency
0	No Transmiss	N/A	N/A
1	QPSK	78	0,1523
2	QPSK	120	0,2344
3	QPSK	193	0,377
4	QPSK	308	0,6016
5	QPSK	449	0,877
6	16QAM	602	1,1758
7	16QAM	378	1,4756
8	16QAM	490	1,9141
9	64QAM	616	2,4063
10	64QAM	466	2,7305
11	64QAM	567	3,3223
12	64QAM	666	3,9023
13	64QAM	772	4,5234
14	64QAM	873	5,1152
15	64QAM	948	5,5547

III. METODE

Penelitian dilakukan pada 9 BTS yang memiliki efisiensi spektral terendah di Nusa Tenggara Timur. Lokasi penelitian ditunjukkan pada Tabel 3 berikut

TABEL 3
Wilayah Penelitian

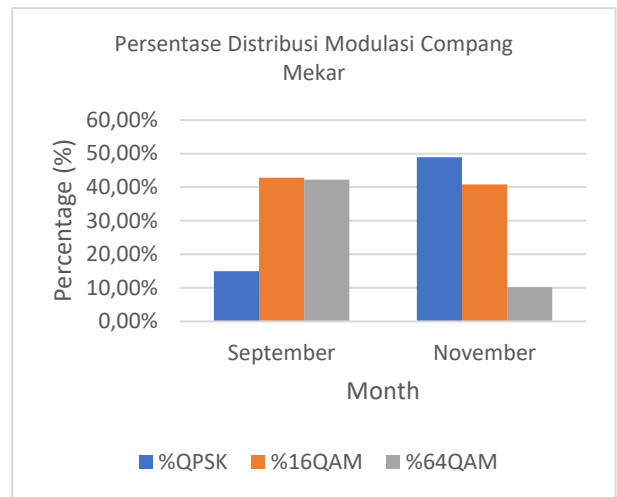
Kab/Kota	Kecamatan	Desa
Kab. Kupang	Amfoang Barat Daya	Bioba Baru
Kab. Manggarai Timur	Poco Ranaka Timur	Arus
Kab. Manggarai Timur	Kota Komba	Compang Mekar
Kab. Nagekeo	Nangaroro	Nataute
Kab. Sumba Timur	Kambata Mapambuhang	Luku Wingir
Kab. Sabu Raijua	Raijua	Ledeke
Kab. Ende	Nangapanda	Embuzozo
Kab. Sumba Timur	Paberiwai	Mehang Mata
Kab. Manggarai	Langke Rembong	Perak

Penelitian ini menggunakan data real network BTS dengan durasi 7 hari di bulan September dan 7 hari di bulan November. Parameter yang diambil pada penelitian ini adalah parameter yang berpengaruh terhadap efisiensi spektral seperti modulasi, CQI, dan power transmit. Selain itu penelitian ini juga mengambil PRB dan volume data untuk menghitung efisiensi spektral

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

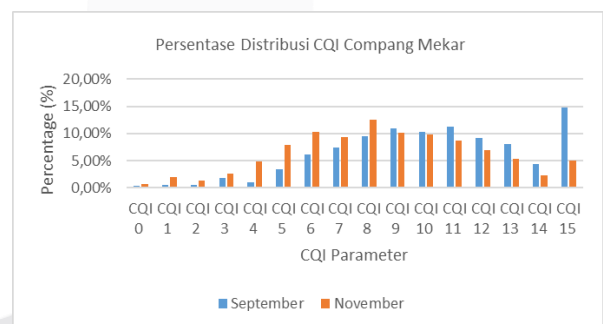
Berdasarkan hasil penelitian dari 9 BTS, penelitian menemukan penurunan efisiensi spektral sebagian besar disebabkan oleh berubahnya orde modulasi yang disebabkan memburuknya kualitas sinyal yang disebabkan oleh berubahnya nilai CQI. Sebagian besar site yang diteliti mengalami penurunan pada power transmitnya yang menyebabkan nilai CQI berubah sehingga nilai efisiensi spektral menurun.

Salah satu contoh site yang mengalami keadaan diatas adalah site Compang Mekar. Site ini mengalami penurunan dari 1,836 bps/Hz menhadi 0,943 bps/Hz.

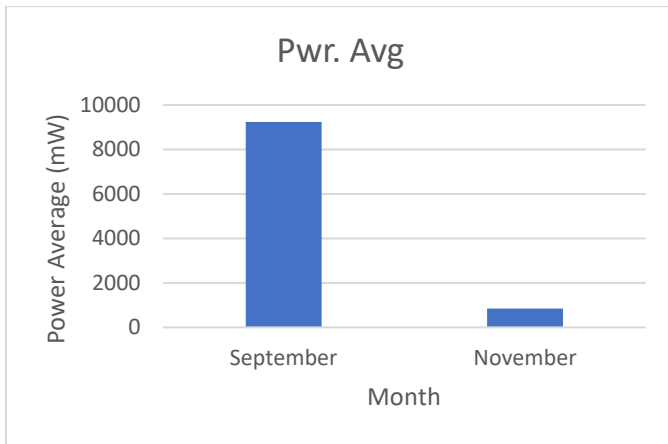


GAMBAR 4
Persentase Distribusi Modulasi Site Compang Mekar

Gambar 4 menunjukkan persentase distribusi modulasi pada site Bioba Baru. Berdasarkan grafik tersebut, Modulasi 64QAM pada bulan September adalah 42,21% dari keseluruhan mosulasi. Di bulan November, persentase ini menurun menjadi 10,20% saja. Penurunan penggunaan modulasi ini mengakibatkan jumlah bit yang dapat ditransmisikan menurun sehingga mempengaruhi efisiensi spektral. Perubahan modulasi disebabkan oleh berubahnya nilai CQI yang seperti yang ditunjukkan oleh persentase distribusi CQI pada Gambar 5.



GAMBAR 5
Persentase Distribusi Modulasi Site Compang mekar
Berdasarkan grafik diatas, persentase penggunaan CQI 15 di bulan September paling banyak dengan persentase 14,77%. Di bulan November penggunaan CQI 15 menurun menjadi 4,99% di bulan November. Penggunaan CQI terbanyak di bulan November adalah CQI ke 8 dengan penggunaan sebesar 12,6%. Berubahnya orde CQI dari CQI 15 menjadi CQI 8 akan mempengaruhi tipe modulasi yang digunakan. Sehingga nilai efisiensi spektral menurun.



GAMBAR 6
POWER AVERAGE SITE COMPANG MEKAR

Berubahnya nilai CQI pada site ini dipengaruhi oleh power transmit average dari *site* ini. Gambar 6 menunjukkan power transmit average dari *site* compang mekar. Di bulan September power transmit average pada site ini adalah 9239 mW. Sementara itu power transmit pada site ini di bulan November adalah 838,5 mW. Hal ini menunjukkan adanya penurunan power transmit yang menyebabkan nilai CQI berubah, sehingga kualitas sinyal memburuk.

Selain site Compang Mekar, berikut adalah hasil analisa dari 9 site lain beserta rekomendasi untuk site tersebut seperti ditunjukkan pada tabel 4 dan 5

TABEL 4
EFISIENSI SPEKTRAL

Nama Site	Efisiensi Spektral		Kondisi	Delta
	September	November		
Bioba Baru	2,77	1,69	menurun	-1,08
Arus	2,02	1,03	menurun	-1,00
Compang Mekar	1,84	0,94	menurun	-0,89
Nataute	2,20	1,31	menurun	-0,89
Luku Wingir	2,45	1,63	menurun	-0,81
Ledeke	2,01	1,21	menurun	-0,80
Embuzozo	1,60	0,82	menurun	-0,78
Mehang Mata	2,03	1,26	menurun	-0,78
Perak	1,39	0,68	menurun	-0,71

TABEL 5
PENYEBAB DAN REKOMENDASI

Nama Site	Penyebab	Rekomendasi
Bioba Baru	Menurunnya penggunaan Modulasi 64QAM yang disebabkan oleh menurunnya nilai channel quality indicator di bulan november. Menurunnya nilai CQI ini menyebabkan penurunan kualitas radio.	Melihat tidak adanya penurunan power transmit, diperlukan pengecekan lebih lanjut terhadap hardware (antena, dll)
Arus	Penggunaan modulasi berubah dari 64QAM menjadi QPSK di bulan november, disebabkan oleh penurunan nilai CQI ke 15 di bulan november. Terjadi juga perubahan nilai dari power transmit yang berpengaruh terhadap CQI	Pemilihan modulasi yang digunakan harus optimal dengan meningkatkan nilai dari CQI. Salah satunya dengan memperhatikan Power transmit
Compang Mekar	Penggunaan modulasi berubah dari 64QAM menjadi QPSK di bulan november, disebabkan oleh penurunan nilai CQI ke 15 di bulan november. Terjadi juga perubahan nilai dari power transmit yang berpengaruh terhadap CQI	Pemilihan modulasi yang digunakan harus optimal dengan meningkatkan nilai dari CQI. Salah satunya dengan memperhatikan Power transmit
Nataute	Penggunaan modulasi berubah dari 64QAM menjadi QPSK di bulan november, disebabkan oleh penurunan nilai CQI ke 15 di bulan november. Terjadi juga perubahan nilai dari power transmit yang berpengaruh terhadap CQI	Pemilihan modulasi yang digunakan harus optimal dengan meningkatkan nilai dari CQI. Salah satunya dengan memperhatikan Power transmit
Luku Wingir	Penggunaan modulasi berubah dari 64QAM menjadi QPSK di bulan november, disebabkan oleh penurunan nilai CQI ke 15 di bulan november. Terjadi juga perubahan nilai dari power transmit yang berpengaruh terhadap CQI	Pemilihan modulasi yang digunakan harus optimal dengan meningkatkan nilai dari CQI. Salah satunya dengan memperhatikan Power transmit
Ledeke	Penggunaan modulasi berubah dari 64QAM menjadi QPSK di bulan november, disebabkan oleh penurunan nilai CQI ke 15 di bulan november. Terjadi juga perubahan nilai dari power transmit yang berpengaruh terhadap CQI	Pemilihan modulasi yang digunakan harus optimal dengan meningkatkan nilai dari CQI. Salah satunya dengan memperhatikan Power transmit
Embuzozo	Penggunaan modulasi berubah dari 64QAM menjadi QPSK di bulan november, disebabkan oleh penurunan nilai CQI ke 15 di bulan november. Terjadi juga perubahan nilai dari power transmit yang berpengaruh terhadap CQI	Pemilihan modulasi yang digunakan harus optimal dengan meningkatkan nilai dari CQI. Salah satunya dengan memperhatikan Power transmit
Mehang Mata	Penggunaan modulasi berubah dari 64QAM menjadi QPSK di bulan november, disebabkan oleh penurunan nilai CQI ke 15 di bulan november. Terjadi juga perubahan nilai dari power transmit yang berpengaruh terhadap CQI	Pemilihan modulasi yang digunakan harus optimal dengan meningkatkan nilai dari CQI. Salah satunya dengan memperhatikan Power transmit
Perak	Penggunaan modulasi berubah dari 64QAM menjadi QPSK di bulan november, disebabkan oleh penurunan nilai CQI ke 15 di bulan november. Terjadi juga perubahan nilai dari power transmit yang berpengaruh terhadap CQI	Pemilihan modulasi yang digunakan harus optimal dengan meningkatkan nilai dari CQI. Salah satunya dengan memperhatikan Power transmit

V. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, terdapat beberapa kesimpulan, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Penurunan efisiensi spektral dipengaruhi oleh penggunaan orde modulasi, dan power transmit.
2. Penggunaan orde modulasi dari QPSK dan 16QAM menjadi 64QAM mengakibatkan jumlah bit yang dapat ditransfer dalam satu waktu meningkat, sehingga nilai efisiensi spektral meningkat.
3. Penggunaan daya transmit yang lebih tinggi menyebabkan kualitas sinyal meningkat. Sehingga menyebabkan nilai efisiensi spektrum meningkat.
4. Penggunaan CQI 10-15 mengakibatkan penggunaan modulasi 64QAM. Hal ini akan meningkatkan efisiensi spektral
5. Perlunya perbaikan kualitas jaringan pada daerah ini, sehingga kualitas jaringan di daerah ini meningkat sehingga daerah 3T bisa menjadi daerah yang tidak tertinggal. serta masyarakat di sana dapat mengakses informasi lebih mudah.

REFERENSI

- [1] Author, "Spectral Efficiency : 5G-NR and 4G-LTE," *Techplayon*. Jul. 2018. [Online]. Available: <http://www.techplayon.com/spectral-efficiency-5g-nr-and-4g-lte/>
- [2] "What is spectrum efficiency?" <https://www.techtarget.com/searchmobilecomputing/definition/spectrum-efficiency> (accessed Sep. 15, 2023).
- [3] R. F. Masood, "Adaptive Modulation (QPSK, QAM)," May 2013, Accessed: May 10, 2023. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/235738046_Adaptive_Modulation_QPSK_QAM
- [4] A. B. Carlson and P. B. Crilly, *Communication systems : an introduction to signals and noise in electrical communication*, 5th ed. New York: McGraw-Hill Higher Education, 2010.
- [5] U. K. Usman, G. Prihatmoko, D. K. Hendraningrat, and S. D. Purwanto, *Fundamental Teknologi Seluler LTE*, 1st ed. Bandung: Penerbit Rekayasa Sains, 2012.
- [6] D. Meiwindra, I. Santoso, and A. Ajulian Zahra, "Makalah Seminar Tugas Akhir PENENTUAN TIPE MODULASI DIGITAL MENGGUNAKAN TRANSFORMASI WAVELET DENGAN PENDEKATAN STATISTIK." Accessed: May 10, 2023. [Online]. Available: http://eprints.undip.ac.id/25888/1/Makalah_Seminar_Tugas_Akhir.pdf
- [7] Unknown, "Teknologi 4G LTE: MODULASI," *Teknologi 4G LTE*. May 2015. [Online]. Available: <http://teknologi-4g-lte.blogspot.com/2015/05/modulasi.html>
- [8] M. Rumney, *LTE and the Evolution to 4G Wireless Design and Measurement Challenges, Second Edition*, 2nd ed. Singapore: John Wiley & Sons, Ltd., 2013.



