

Perancangan dan Analisis LTE *Advanced* 850 Mhz untuk Meningkatkan Penetrasi *Mobile Broadband* di Indonesia

ADE WAHYUDIN, MUNTAQO ALFIN AMANAF, ITA KUSMIASIH RATNASARI

Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi Institut Teknologi Telkom Purwokerto
Email: adewahyudin@ittelkom-pwt.ac.id

Received 6 Agustus 2018 | *Revised* 26 September 2018 | *Accepted* 8 November 2018

ABSTRAK

Layanan mobile broadband LTE telah berkembang di Indonesia, namun penyebarannya belum merata. Selain itu, sumber daya frekuensi semakin terbatas seiring dengan meningkatnya trafik layanan broadband. Maka untuk mengatasi hal tersebut, spektrum frekuensi 850 MHz dapat diterapkan pada teknologi LTE advance untuk meningkatkan penetrasi mobile broadband. Maka, untuk mengukur tingkat penetrasi, sehingga dilakukan perancangan LTE Advance 850 MHz yang dibandingkan dengan LTE 1800 MHz eksisting berdasarkan pedekatan cakupan dan kapasitas jaringan. Perhitungan dan simulasi menghasilkan peningkatan penetrasi cakupan wilayah hingga 65% ketika menerapkan LTE Advanced 850 MHz. Sedangkan pendekatan kapasitas, pada parameter active user, jumlah connected user pada frekuensi 850 MHz mencapai 98% jauh dibandingkan frekuensi 1800 Mhz yang mencapai 91%, serta kualitas sinyal RSRP meningkat 37%-46%

Kata kunci: *LTE Advanced, 850MHz, Effective Throughput, Active User, Penetrasi, Broadband*

ABSTRACT

LTE mobile broadband services is growing rapidly in Indonesia, however the deployment does not spread evenly, especially in remote area. Moreover, resource of frequency spectrum is limited because of the growth of broadband traffic. Thus, frequency spectrum 850 MHz can be implemented for LTE Advanced to increase mobile broadband penetration. So, to measure LTE penetration level, LTE Advanced 850 MHz design is compared to the existing LTE 1800 MHz by coverage and capacity approachment. According to calculation and simulation, coverage penetration increase up to 65% as LTE Advanecd 850 MHz implemetation. While, the connected user of LTE 850 MHz reach 98% when compared to LTE Advanced 1800 MHz that only reach up to 91% and also signal quality increase up to 37%-46%.

Keywords: *LTE Advanced, 850MHz, Effective throughput, Active user, Penetration, Broadband*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan dunia TIK (Teknologi Informasi dan komunikasi) di Indonesia mengalami kemajuan yang sangat pesat. Perkembangan tersebut bahkan mempengaruhi kehidupan masyarakat di Indonesia. Sehingga layanan TIK, terutama *mobile broadband* harus mampu menghubungkan masyarakat dimanapun dan kapanpun. Demikian pula dengan layanan data *mobile broadband* yang berkecepatan tinggi dan beragam seiring dengan perkembangan teknologi, seperti *video streaming*, *video conference*, *social media* dan lain-lain. Hal ini menyebabkan permintaan akses dan trafik layanan data *mobile broadband* semakin meningkat dari tahun ke tahun. **(Wahyudin, Muayyadi, Mufti, & Hasan, 2014)**

Walaupun demikian, penetrasi penggunaan *mobile broadband* tidak merata di Indonesia, 24,7% populasi Indonesia belum terhubung *mobile broadband*, karena sebagian besar pembangunan infrastruktur broadband terpusat di wilayah *dense urban* dan *urban*, terlebih Negara Indonesia yang merupakan negara kepulauan dengan banyak wilayah belum memiliki infrastruktur telekomunikasi yang baik. Cepatnya kemajuan teknologi kini menuntut negara menyediakan sarana infrastruktur telekomunikasi untuk meningkatkan perekonomian dan kehidupan sosial masyarakat yang akan membantu meningkatkan perekonomian daerah dan membuka kesempatan lapangan pekerjaan. Meratanya dukungan infrastruktur akan membantu membuka kesempatan masyarakat untuk maju dan meningkatkan kualitas hidup mereka. Koneksi internet dengan kecepatan tinggi dan stabil melalui jaringan pita lebar menjadi dasar yang harus dimiliki merata seluruh wilayah. **(ITU, 2017)**

Selain itu, Semakin meningkatnya permintaan akan akses *mobile broadband* maka, kebutuhan akan alokasi spektrum frekuensi dan *bandwidth* juga semakin meningkat. Sehingga terjadi permasalahan yang disebut krisis spektrum frekuensi **(Setiawan, Sirat, & Gunawan, 2012)**. Dalam menangani permasalahan krisis spektrum frekuensi tersebut, pemerintah melakukan berbagai kebijakan untuk menata penggunaan frekuensi di Indonesia. Salah satunya adalah dengan melakukan *re-farming* frekuensi yang sudah tidak digunakan. Frekuensi yang dilakukan *re-farming* oleh pemerintah adalah frekuensi 850 Mhz yang sebelumnya frekuensi tersebut digunakan oleh operator CDMA, seiring dengan kebijakan pemerintah untuk mematikan layanan CDMA di Indonesia. Dengan penataan spektrum frekuensi tersebut, diharapkan frekuensi 850 MHz dapat digunakan oleh teknologi LTE yang dapat di implementasikan untuk meningkatkan penetrasi *Mobile broadband* di Indonesia. Saat ini hanya operator Smartfren yang mengimplementasikan frekuensi 850 MHz Band 5 FDD untuk teknologi LTE, namun masih belum merata penyebaran layanannya. **(Setiawan, 2015)**

Saat ini teknologi *mobile broadband* yang sedang berkembang adalah teknologi *Long Term Evolution* (LTE). Teknologi LTE merupakan teknologi seluler generasi keempat yang berada di bawah standarisasi *3rd Generation Partnership Project* (3GPP). Teknologi LTE berevolusi menjadi *LTE Advanced* sebagaimana *3GPP Release 10* pada tahun 2011. *LTE Advanced* diharapkan mampu menyediakan efisiensi dalam penggunaan jaringan radio, layanan *mobile broadband* berkualitas tinggi, dan menyediakan akses dengan kecepatan tinggi serta *bandwidth* besar **(ETSI, 2016)**.

Berdasarkan *paper* yang berjudul Perancangan dan Analisa Penggelaran LTE Pada Frekuensi 700 MHz Dengan Metode Adaptif Modulation Coding Untuk Implementasi Digital Dividend di Wilayah Sub-Urban dan Rural Kabupaten Banyumas, yang di terbitkan pada Jurnal JETT Volume. 3 No. 2 Desember 2016, menyimpulkan bahwa implementasi LTE Release 8 pada frekuensi 700 MHz memiliki kualitas yang baik bila di implementasikan di wilayah suburban dan rural. mampu memberikan kualitas layanan LTE dengan nilai rata-rata RSRP -72.2 dBm

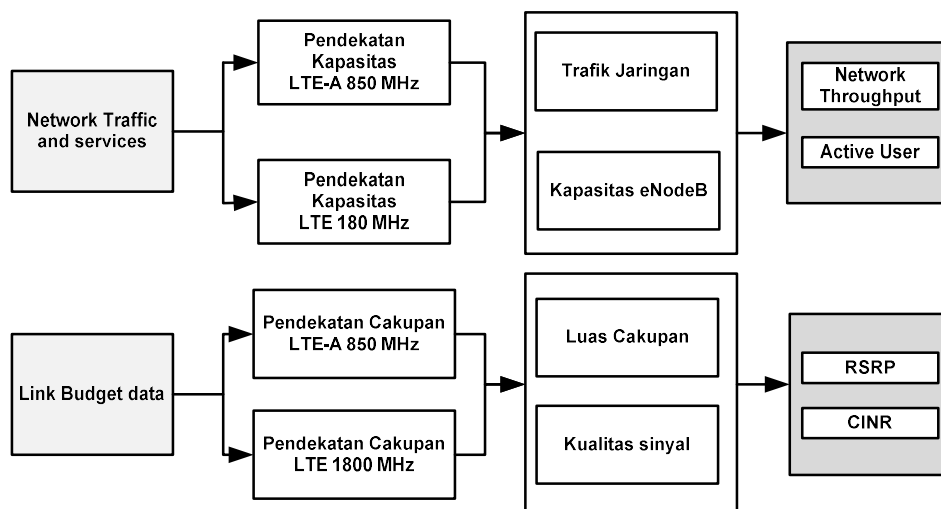
dan SINR rata-rata 6.83 dB dengan luas jangkauan sel eNodeB hingga 92 km² pada *downlink* dan 24 km² pada *uplink* (Wahyudin & Sakinah, 2016).

Maka atas dasar permasalahan diatas, maka penulis merasa perlu untuk membahas Perancangan dan analisa pemanfaatan frekuensi 850 MHz pada implementasi teknologi LTE yang lebih terbaru yaitu LTE *Advanced release* 12, untuk dapat meningkatkan penetrasi *broadband* baik secara cakupan juga trafik pengguna di Indonesia. Untuk dapat mengukur tingkat penetrasi penulis melakukan perbandingan perancangan dengan frekuensi LTE eksisting 1800 MHz dan mengambil sample pada wilayah *Dense urban*, *urban*, *sub-urban* dan *rural* di Indonesia. Selain menganalisa kebutuhan jumlah eNodeB, maka penulis juga mengamati parameter *Reference Signal Received Power* (RSRP), CINR, *throughput* dan *active user* dengan menggunakan simulasi dengan *software* Atoll 3.3.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Perancangan Sistem

Dalam penelitian ini, perancangan LTE, baik LTE-Advanced 850 MHz dan LTE 1800 Mhz, terbagi menjadi dua pendekatan yaitu kapasitas dan cakupan. Pendekatan cakupan akan mengestimasi kebutuhan eNodeB suatu wilayah berdasarkan luas cakupan sinyal yang dipancarkan oleh antenna eNodeB. Sedangkan, pendekatan secara kapasitas akan menentukan sebaran eNodeB berdasarkan kebutuhan trafik pengguna layanan *mobile broadband* dan kapasitas NodeB berdasarkan spesifikasi teknologi LTE sesuai dengan standar 3GPP ETSI TS.136.101 (ETSI, 2016). Parameter yang diukur pada pendekatan cakupan adalah RSRP dan CINR sedangkan parameter yang diukur pada pendekatan kapasitas adalah network throughput dan active user, sebagaimana diagram alir Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.2. Penentuan Wilayah Penelitian

Pada perancangan jaringan LTE pada penelitian ini dilakukan pada empat wilayah lingkungan geografis yang berbeda yaitu *dense urban* (Jakarta Pusat), *urban* (Kota Bandung), *Sub-urban* (Kabupaten Banyumas), *Rural* (Kab. Toba Samosir). Profil wilayah pengamatan ditunjukkan pada Tabel 1, dimana data wilayah dan kependudukan didapatkan dari Badan Pusat Statistik (BPS) kota/kabupaten wilayah pengamatan masing-masing.

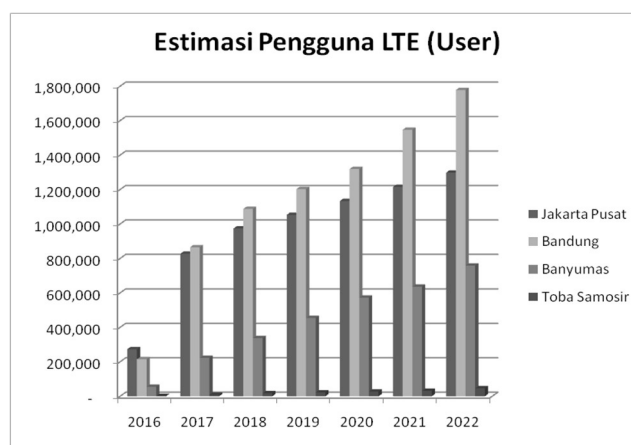
Tabel 1. Profil Wilayah Pengamatan (Statistik, 2018)

Keterangan	Jakarta Pusat	Bandung	Banyumas	Toba Samosir
Jumlah Penduduk tahun 2016 (jiwa)	921,344	2,490,622	1,650,625	180,694
Luas Wilayah (km ²)	48.13	167.31	1,327	2,022
Luas Wilayah efektif (km ²)	48.13	167.31	1,071	926
Kepadatan (jiwa/km ²)	19,143	14,886	1,244	89

2.3. Estimasi Pengguna Jaringan LTE

Dalam melakukan estimasi pengguna jaringan LTE, penulis melakukan beberapa asumsi yang mendukung penelitian. Jumlah pengguna telepon genggam diasumsikan dari jumlah penduduk yang berusia antara 16-60 tahun. Sedangkan *market share* dan pengguna layanan LTE didapatkan dari pengolahan data berdasarkan *annual report* operator seluler. Estimasi peningkatan jumlah pengguna LTE dihitung dalam kurun 5 waktu ke depan, dengan menggunakan perhitungan regresi secara logaritmik. **(Wahyudin & Sakinah, 2016)**

Hasil perhitungan estimasi pengguna LTE, sebagaimana ditunjukkan pada grafik Gambar 2.



Gambar 2. Estimasi Pengguna LTE

2.4. Pendekatan Cakupan

2.4.1. Perhitungan *Link Budget*

Tujuan dari perhitungan *link budget* adalah untuk mendapatkan nilai MAPL (*Maximum Allowable Path Loss*). MAPL merupakan nilai maksimum dari pelemahan sinyal yang masih didapat diterima oleh penerima sinyal. Secara umum, MAPL *downlink* maupun *uplink* dapat dihitung dengan rumus berikut **(Taha, Hassanein, & Ali, 2012)**,

$$MAPL = EIRP - SR - L_{BV} - M_{interference} - M_{SF} \quad (1)$$

1. *Effective Radiated Isotropic Power* (EIRP)

Effective Radiated Power (EIRP) merupakan daya transmit antenna (P_{TX}) yang dikurangi rugi-rugi transmisi (L_{TX}) dan ditambah menjumlahkan *gain* antena transmisi (G_{TX}) ke dalam bentuk daya keluaran sebenarnya dari *transmitter*. **(Taha et al., 2012)**

$$EIRP = P_{TX} + G_{TX} - L_{TX} \quad (2)$$

Hasil perhitungan EIRP menghasilkan 57.3 dBm pada *downlink*, dan 23 dB pada *uplink*, seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter EIRP (Huawei, 2010)

<i>Downlink</i>			<i>Uplink</i>		
Parameter	nilai	unit	Parameter	Nilai	unit
P _{TX}	43	dBm	P _{TX}	23	dBm
G _{TX}	15	dBi	G _{TX}	0	dBi
L _{TX}	0.7	dB	L _{TX}	0	dB
EIRP	57.3	dBm	EIRP	23	dBm

2. Sensitivity Receiver (SR)

Sensitivity receiver ditentukan dengan menjumlahkan nilai *thermal noise*, *noise figure*, dan SNR. Dimana dalam menghitung *thermal noise* perlu memperhatikan konstanta *Boltzman*(K), temperature (T) dan *bandwidth* (B) yang digunakan. Pada persamaan berikut ini digunakan untuk menghitung *Sensitivity Receiver* (Taha et al., 2012).

$$SR = (K \times T \times B) + Noise Figure + SNR \quad (3)$$

Dimana nilai *bandwidthsystem* didapatkan dari persamaan berikut,

$$B = Subcarrier Bandwidth \times Subcarrier per resource block \times N_{RB} \quad (4)$$

Dimana, N_{RB} adalah jumlah *resource block* (RB)

Hasil perhitungan *Sensitivity Receiver* ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Parameter Sensitivity Receiver (Huawei, 2010)

Parameter <i>Downlink</i>			Parameter <i>Uplink</i>		
<i>Noise Figure</i>	7	dB	<i>Noise Figure</i>	2.3	dB
<i>Thermal noise</i>	-104.435	dBm	<i>Thermal noise</i>	-104.435	dBm
<i>Receiver noise</i>	-97.4348	dBm	<i>Receiver noise</i>	-102.135	dBm
<i>Rx CINR</i>	-0.22	dB	<i>Rx CINR</i>	-1.79	dB
<i>Rx sensitivity</i>	-97.6548	dBm	<i>Rx sensitivity</i>	-103.925	dBm

3. Loss System

LossSystem selain dihasilkan oleh *feeder* perangkat, seperti pengkabelan dan konektor (Molisch, 2011). Besar dari *loss* tersebut berdasarkan spesifikasi perangkat dan stadarisasi yang ada. Dalam penelitian ini menggunakan jenis *Feeder AL7 size 13/8"* dengan atenuasi 2.193 dB/m (Huawei, 2010).

4. Margin System

Margin system merupakan daya cadangan pada sistem penerima agar sinyal yang diterima memiliki kuat sinyal diatas *threshold* (ambang batas) sehingga informasi mampu dipulihkan oleh sistem selanjutnya (Molisch, 2011). Parameter margin yang digunakan sesuai dengan Tabel 4.

Tabel 4. Parameter Margin System (Huawei, 2010)

Margin	Nilai	Satuan
<i>Inteference Margin (DL)</i>	4	dBm
<i>Interference Margin (UL)</i>	1	dB
<i>Shadowing margin</i>	10	dB
<i>Fast fade margin</i>	0	dB
<i>Hard handover gain</i>	3	dB

2.4.2. Model Propagasi Okumura Hatta

Pada perancangan berdasarkan area cakupan, penelitian ini menggunakan model propagasi Okumura Hata untuk perencanaan menggunakan frekuensi 850 Mhz. Adapun persamaan untuk menghitung menggunakan propagasi okumura Hata adalah sebagai berikut **(Molisch, 2011)**:

$$PL = A + B \log(d) + C \tag{5}$$

Dimana parameter A, B dan C merupakan faktor yang bergantung pada frekuensi dan ketinggian antenna **(Molisch, 2011)**

$$A = 69.55 + 26.16 \log(f_c) - 13.82 \log(h_b) - a(h_m) \tag{6}$$

$$B = 44.9 - 6.55 \log(h_b) \tag{7}$$

Dimana, f_c adalah frekuensi (MHz); d adalah jarak jangkauan sel (Km); h_b merupakan ketinggian antenna eNodeB; h_m adalah ketinggian antenna perangkat pengguna, dan $a(h_m)$ adalah faktor koreksi antenna perangkat pengguna.

Nilai faktor C adalah nol pada kota kecil, menengah dan metropolitas. Fungsi faktor koreksi antenna mengikuti persamaan sebagai berikut **(Molisch, 2011)** :

1. Kota kecil dan menengah:

$$a(h_m) = (1.1 \log(f_c) - 0.7)h_m - (1.56 \log(f_c) - 0.8) \tag{8}$$

2. Wilayah Metropolitan

$$a(h_m) = \begin{cases} 8.29(\log(1.54 h_m))^2 - 1.1 & \text{for } f \leq 200 \text{ Mhz} \\ 3.2(\log(11.75 h_m))^2 - 4.97 & \text{for } f \geq 400 \text{ Mhz} \end{cases} \tag{9}$$

3. Lingkungan suburban

$$C = -2[\log(f_c/28)]^2 - 5.4 \tag{10}$$

4. Wilayah Rural

$$C = -4.78 [\log(f_c)]^2 + 18.33 \log(f_c) - 40.98 \tag{11}$$

Fungsi $a(h_m)$ pada wilayah *suburban* dan *rural* adalah sama dengan kota kecil dan menengah.

Model propagasi untuk frekuensi 1800 MHz menggunakan COST 231 – Hata dengan modifikasi Faktor A dan B, Sebagai berikut **(Molisch, 2011)**

$$A = 46.3 + 33.9 \log(f_c) - 13.82 \log(h_b) - a(h_m) \quad (12)$$

$$B = 44.9 - 6.55 \log(h_b) \quad (13)$$

Berdasarkan perhitungan menghasilkan bahwa nilai MAPL, sebagaimana Tabel 5.

Tabel 5. MAPL LTE *Advance* 850 MHz dan LTE 1800 MHz

Wilayah	850 MHz		1800 MHz	
	Downlink (dB)	Uplink (dB)	Downlink (dB)	Uplink (dB)
Dense Urban	133.0548041	131.3248	135.6348	133.904804
Urban	137.0548041	135.3248	139.6348	137.904804
Suburban	140.9548041	139.2248	143.4648	141.734804
Rural	143.9548041	142.2248	146.4648	144.734804

2.4.3. Jumlah eNodeB

Jumlah eNodeB pada perancangan berdasarkan area cakupan dihitung sesuai dengan luas daerah perencanaan. Perhitungannya dengan mengasumsikan penggunaan site 3 sektoral menggunakan persamaan sebagai berikut **(Huawei, 2010)**:

$$L_{cell} = 2,6 \times d^2 \quad (14)$$

$$Jumlah\ Cell = \frac{Luas\ Area\ Perencanaan}{Luas\ Cakupan\ Sel} \quad (15)$$

$$Jumlah\ eNodeB = \frac{Jumlah\ Cell}{3} \quad (16)$$

2.5. Pendekatan Kapasitas

Pada pendekatan kapasitas, jumlah *network element* eNode-B dihitung berdasarkan trafik jaringan pada suatu wilayah pada *busy hour* dengan menggunakan pendekatan *offered bit quantity* berdasarkan berbagai jenis layanan yang digunakan dan kapasitas maksimal eNodeB **(Wahyudin & Sakinah, 2016)(Nugroho & Fallah, 2018)**.

2.5.1. Kepadatan trafik

Kepadatan trafik pada LTE dapat dihitung berdasarkan *throughput* dengan menggunakan persamaan sebagai berikut **(Hikmaturokhman et al., 2014)**:

$$Throughput = Bearer\ Rate \times Session\ Time \times Session\ Duty\ Ratio \times \left[\frac{1}{(1-BLER)} \right] \quad (17)$$

Dimana, *BLER* adalah *Block Error Rate* yang bisa ditoleransi

Selanjutnya dengan menggunakan Tabel 6, dilakukan perhitungan *Single User Throughput* (SUT) dengan persamaan berikut ini **(Hikmaturokhman et al., 2014)**,

$$SUT = \frac{\left[\sum \left(\frac{Throughput}{ST} \right) \times BHS A \times Penetration\ Ratio \times (1+PAR) \right]}{3600} \quad (18)$$

Dimana, *Busy Hour Service Attempt* (BHSA) adalah rata-rata akses layanan pada jam sibuk dan *Peak Average Ratio* (PAR) merupakan prosentase kelebihan beban tertinggi pada jaringan untuk mengantisipasi lonjakan trafik di suatu area (Hikmaturokhman et al., 2014).

Tabel 6. Parameter Trafik (Huawei, 2010)

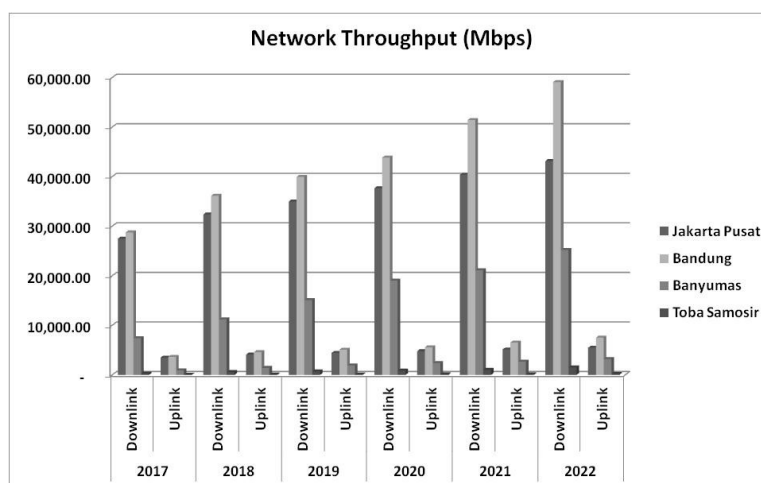
Traffic Parameters	Uplink				Downlink			
	Bearer Rate (Kbps)	PPP Session Time (s)	PPP Session Duty Ratio	BLER	Bearer Rate (Kbps)	PPP Session Time (s)	PPP Session Duty Ratio	BLER
Voip	26.9	80	0.4	1%	26.9	80	0.4	1%
Video Conference	62.53	500	1	1%	62.53	1800	1	1%
Real Time Gaming	31.26	1800	0.2	1%	125.06	1800	0.4	1%
Streaming media	31.26	3600	0.05	1%	250.11	3600	0.95	1%
Web Browsing	62.53	1800	0.05	1%	250.11	1800	0.05	1%
File Transfer	140.69	600	1	1%	750.34	600	1	1%

Kemudian, perhitungan *NetworkThroughput* yang dapat dihitung secara *uplink* maupun *downlink* dengan persamaan sebagai berikut (Hikmaturokhman et al., 2014):

$$UL\ Network\ Throughput = Total\ user\ number \times UL\ single\ user\ throughput \tag{19}$$

$$DL\ Network\ Throughput = Total\ user\ number \times DL\ single\ user\ throughput \tag{20}$$

Berdasarkan persamaan (19) dan (20), menghasilkan *network throughput* dalam 5 tahun kedepan, sesuai dengan Gambar 3.



Gambar 3. NetworkThroughput

2.5.2. Kapasitas eNodeB LTE

Perhitungan kapasitas sel dipengaruhi *bandwidth*, jenis antenna & modulasi yang digunakan dalam perancangan (Hikmaturokhman et al., 2014).

1. Kapasitas *Downlink*

$$service\ rate + CRC = (168 - 36 - 12) * (Code\ bit * code\ rate) * N_{RB} * C \tag{21}$$

2. Kapasitas *Uplink*

$$service\ rate + CRC = (168 - 24) * (Code\ bit * Code\ rate) * N_{RB} \tag{22}$$

Dimana, *Cyclic Redudancy Check* bernilai 24, dan C merupakan mode antena *transmitter* dan *receiver* (Hikmaturokhman et al., 2014).

Berdasarkan perhitungan kapasitas eNodeB, didapatkan hasil sebagaimana tabel 7, dimana memperhatikan konfigurasi antenna yang digunakan.

Tabel 7. Kapasitas eNodeB

Konfigurasi antena	<i>Downlink</i> (Mbps)	<i>Uplink</i> (Mbps)
SISO	88.87678	53.32606
MIMO 4 X 4	355.5071	213.3042

2.6. Parameter jaringan LTE

2.6.1. RSRP (*Reference Signal Received Power*)

RSRP merupakan kuat sinyal yang diterima *UserEquipment* (UE) pada teknologi LTE. Nilai RSRP yang merupakan daya sinyal acuan yang digunakan untuk menunjukkan kualitas cakupan jaringan pada suatu daerah. Berikut merupakan rentang nilai RSRP yang digunakan oleh suatu operator (Hikmaturokhman et al., 2014).

Tabel 8, menunjukan standar KPI (*Key Performance Indicator*) dari 2 parameter yang akan diamati, yaitu RSRP dan CINR.

Tabel 8. Rentang Nilai RSRP dan CINR (Hikmaturokhman et al., 2014)

Nilai RSRP	Nilai CINR	Kualitas
-70 dBm to - 90 dBm	16 dB to 30 dB	Baik
-91 dBm to - 110 dBm	1 dB to 15 dB	Normal
-110 dBm to - 130 dBm	-10 dB to 0 dB	Buruk

2.6.2. CINR (*Carrier to Interference Noise Ratio*)

CINR merupakan perbandingan kuat sinyal dengan sinyal *interferensi* dan *noise*. Parameter ini menunjukan level daya minimum dimana *user* masih bisa melakukan komunikasi. Berikut rentang nilai CINR yang digunakan oleh suatu operator dilihat pada tabel 12 berikut (Hikmaturokhman et al., 2014).

2.6.3. Throughput

Throughput, merupakan besaran kecepatan akses data yang dapat diakses oleh *user* (Hikmaturokhman et al., 2014).

2.6.4. Active user

Active user ditampilkan dalam jumlah persentase pengguna yang terkoneksi dengan jaringan LTE pada layanan-layanan tertentu. Layanan LTE yang diamati dalam penelitian ini antara lain: *High Speed Internet*, *Mobile Internet* dan *Video Streaming* (Hikmaturokhman et al., 2014).

2.7 Spektrum Frekuensi

Spektrum frekuensi 850 MHz di Indonesia, memiliki lebar pita sebesar 2x20 Mhz. Spektrum frekuensi ini sebelumnya digunakan oleh Operator CDMA. Namun sejak tahun 2017, seiring dimatikannya layanan CDMA di seluruh Indonesia, menyebabkan terjadinya penataan ulang pada frekuensi tersebut. Saat ini, Frekuensi 850 Mhz digunakan oleh operator Smartfren untuk layanan LTE secara penuh dengan *bandwidth* hingga 20 Mhz (2x10 MHz), sebagai hasil konsolidasi antara smartfren dan Bakrie Telkom. Sedangkan Telkomsel memiliki *bandwidth* 15 Mhz (2 x 7,5 Mhz) sebagai hasil konsolidasi Telkom Flexi dan Telkomsel (**Setiawan, 2015**).

Spektrum Frekuensi 1800 MHz, digunakan untuk teknologi LTE oleh sebagian besar penyelenggara telekomunikasi seluler di Indonesia, dengan menggunakan mode *duplex* FDD. Dimana Telkomsel dan XL memiliki 22.5 MHz, Indosat 20 MHz dan H3I 10 MHz (**Setiawan, 2015**).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisa Perancangan dengan Pendekatan Cakupan

Pada pendekatan cakupan, untuk perancangan pada frekuensi 850 MHz menggunakan model propagasi Okumura Hata, sedangkan untuk frekuensi 1800 MHz menggunakan model propagasi Cost-231 Hata. Berdasarkan perhitungan propagasi berdasarkan parameter *link budget* yang digunakan sesuai persamaan (5), menghasilkan luas *cell* eNodeB pada tabel 9:

Tabel 9. Luas cell eNodeB (dalam Km²)

Geo Type	Frekuensi 850 MHz		Frekuensi 1800 MHz	
	<i>Downlink</i>	<i>Uplink</i>	<i>Downlink</i>	<i>Uplink</i>
<i>Dense urban</i>	6.396466	5.10169	2.280096	1.818557
<i>Urban</i>	10.24232	8.169065	3.650997	2.91196
<i>Suburban</i>	18.66728	14.84625	6.507621	5.175567
<i>Rural</i>	26.13566	20.78591	9.111182	7.246202

Jumlah eNodeB pada perancangan LTE berdasarkan pendekatan cakupan didapatkan berdasarkan persamaan (14) (15) (16). sehingga, menghasilkan jumlah eNodeB sebagaimana tabel 10.

Tabel 10. Jumlah eNodeB berdasarkan Cakupan

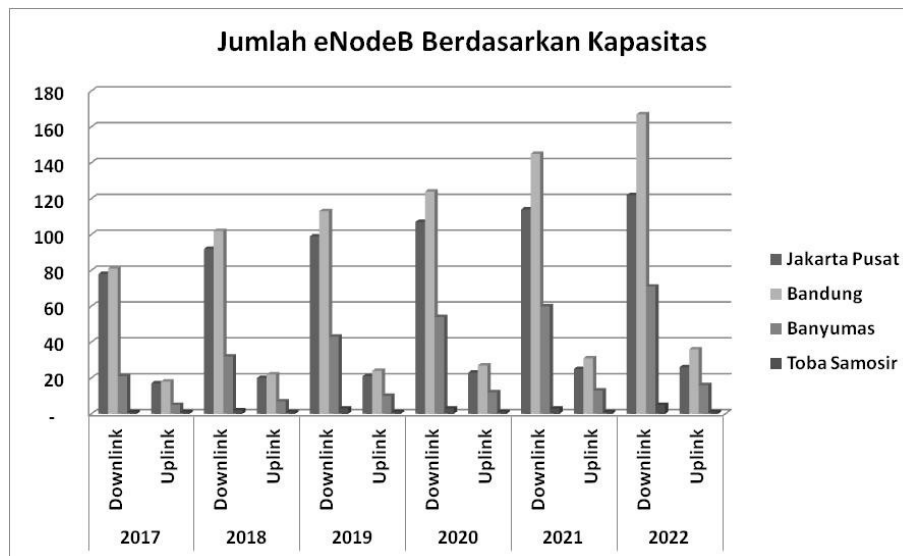
Kota / Kabupaten	Frekuensi 850		Frekuensi 1800	
	<i>Downlink</i>	<i>Uplink</i>	<i>Downlink</i>	<i>Uplink</i>
Jakarta Pusat	3	4	8	9
Bandung	5	7	15	19
Banyumas	20	25	55	69
Toba Samosir	12	15	34	43

Berdasarkan perhitungan didapatkan hasil bahwa frekuensi 850 MHz menghasilkan cakupan yang lebih luas dibandingkan dengan frekuensi 1800 Mhz hingga 65%.Konsekuensi dari hal tersebut adalah jumlah eNodeB yang lebih sedikit.

Sedangkan berdasarkan jumlah eNodeB, Kabupaten Banyumas dan Toba samosir memiliki jumlah e-NodeB yang lebih banyak karena secara geografis memiliki luas wilayah lebih besar dari pada Jakarta Pusat dan Bandung. karena wilayah *rural* dan *suburban* memiliki cakupan lebih luas daripada *urban* dan *dense urban*.

3.2 Analisa Perancangan dengan Pendekatan Kapasitas

Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan pendekatan kapasitas, didapatkan hasil bahwa jumlah eNodeB wilayah *dense urban* dan *urban* memiliki jumlah yang lebih banyak dari pada wilayah *suburban* dan *rural*. Hal, ini dikarenakan tingginya pengguna potensial LTE di wilayah tersebut, sehingga trafik layanan data semakin tinggi pula setiap tahunnya. Dengan pendekatan CAGR (*Compound Annual Growth Rate*), maka pertumbuhan tahunan dari Penetrasi layanan LTE di Jakarta Pusat Sebesar 29%, Kota Bandung 41%, Kab. Banyumas 51% dan Kab. Toba Samosir 31%. Hal ini membuktikan bahwa, setiap tahun terjadi peningkatan yang signifikan terhadap layanan LTE, terutama di wilayah berkembang seperti *urban*, *suburban* dan *rural*, sebagaimana ditunjukkan Gambar 4.



Gambar 4. Jumlah eNodeB Berdasarkan Kapasitas

3.3 Analisa Simulasi

3.3.1 Simulasi RSRP (*Reference Signal Received Power*)

Simulasi RSRP menggunakan *software* Atoll 3.3 dilakukan dengan metode prediksi *Coverage by Transmitter (Downlink)*, karena mampu memprediksi sebaran kuat signal yang dikirimkan oleh eNodeB dan diterima user pada suatu cakupan. Hasil simulasi menunjukkan nilai rata-rata dan standar deviasi dari kuat signal yang ditampilkan pada peta digital maupun angka statistik, berdasarkan masing-masing wilayah pengamatan berdasarkan jenis lingkungan geografisnya.

Berdasarkan hasil simulasi yang ditunjukkan Tabel 11, Pada penggunaan frekuensi 850 MHz menghasilkan nilai rata rata signal level berkisar antara -57 dBm hingga -62 dBm dan standar deviasi -50 dBm, sedangkan pada frekuensi 1800 MHz, nilai rata rata signal level berkisar antara -83 dBm hingga -85 dBm dan standar deviasi -73 dBm hingga -77dBm. Dari hasil tersebut disimpulkan bahwa, peningkatan cakupan penetrasi berdasarkan RSRP yang disebabkan penggunaan frekuensi 850 MHz terhadap 1800 MHz adalah 46% pada wilayah *dense urban* dan *urban*, serta 37% pada wilayah *rural*.

Hal ini dapat dianalisa bahwa, penggunaan Frekuensi 850 MHz menghasilkan nilai RSRP yang jauh lebih baik dari pada frekuensi 1800 MHz, pada semua jenis daerah pengamatan. Selain itu, cakupan frekuensi 850 MHz lebih merata dan homogen bila dibandingkan dengan frekuensi 1800 Mhz, terlihat dengan nilai standar deviasi yang lebih mendekati nol. Hal ini disebabkan oleh luas cakupan frekuensi 850 MHz yang lebih luas, seperti pada tabel 9.

Tabel 11. Hasil Simulasi RSRP

Kota / Kabupaten	Lingkungan geografis	Rata-rata (dBm)			Standar Deviasi (dBm)	
		850 MHz	1800 MHz	+/-	850 MHz	1800 MHz
Jakarta Pusat	<i>Dense urban</i>	-57.38	-83.51	46%	-51.09	-77.59
Bandung	<i>Urban</i>	-57.81	-84.39	46%	-50.42	-73.91
Banyumas	<i>Suburban</i>	-61.1	-85.33	40%	-50.24	-76.96
Toba Samosir	<i>Rural</i>	-62.11	-84.99	37%	-50.78	-76.81

Sedangkan berdasarkan lingkungan geografis, wilayah *Dense urban* dan *urban* memiliki kualitas RSRP yang lebih baik daripada *suburban* dan *rural*. Hal ini dikarenakan pada wilayah *dense urban* dan *rural* memiliki wilayah geografis yang lebih kecil dan site eNodeB memiliki cakupan yang sangat luas, sehingga daerah *blank spot* sangat kecil. Berbeda dengan *suburban* dan *rural* yang memiliki wilayah yang sangat luas dan keadaan *terrain* yang berbukit dan pegunungan, mengakibatkan banyaknya wilayah *blank spot*.

3.3.2 Simulasi CINR (*Carrier to Interference Noise Ratio*)

Pada simulasi CINR dilakukan dengan prediksi *Physical Downlink Shared Channel C/(I+N) by Transmitter (Downlink)*. Hal ini dilakukan untuk melihat perbandingan antara kuat sinyal *carrier* dengan *Noise* dan interferensinya pada perangkat penerima.

Tabel 12. Hasil Simulasi CINR

Kota / Kabupaten	Lingkungan geografis	Rata-rata			Standar Deviasi	
		850 MHz	1800 MHz	+/-	850 MHz	1800 MHz
Jakarta Pusat	<i>Dense urban</i>	25.25	11.2	56%	11.48	6.03
Bandung	<i>Urban</i>	24.09	11.93	50%	11.08	5.73
Banyumas	<i>Suburban</i>	22.23	12.02	46%	10.85	5.98
Toba Samosir	<i>Rural</i>	16.01	6.35	60%	9.36	5.78

Berdasarkan hasil simulasi yang ditunjukkan Tabel 12, kualitas CINR frekuensi 850 MHz lebih baik daripada frekuensi 1800 MHz, dengan nilai rata-rata berkisar 16 dB hingga 25 dB. Namun, secara homogenitas sebaran CINR, frekuensi 1800 MHz memiliki nilai yang lebih baik, sebagaimana pada tabel 16. Secara kualitas CINR, penggunaan frekuensi 850 MHz pada teknologi LTE meningkat nilai CINR 56% hingga 60% daripada frekuensi 1800 MHz, Terutama pada wilayah *rural*.

Pada sudut pandang lingkungan geografis, wilayah *dense urban* memiliki kualitas CINR yang baik. Hal ini dikarenakan faktor luas wilayah yang lebih kecil serta, faktor interferensi yang lebih kecil bila dibandingkan wilayah *rural* dan *suburban*.

3.3.3 Simulasi *Throughput*

Pada simulasi *throughput* yang ditunjukkan Tabel 13, pada kanal *Radio Link Control (RLC)* jaringan eNode B jaringan LTE. Maka, didapatkan hasil bahwa *Throughput* 850 MHz lebih tinggi

dari pada 1800 MHz, hingga 31 Mbps berbanding 20 Mbps. Hal ini dikarenakan semakin luas wilayah, maka *offered bit quantity* pada wilayah tersebut semakin tinggi. Sedangkan untuk wilayah *dense urban* dan *urban* memiliki *throughput* yang tinggi hingga 31 Mbps, karena kepadatan *user* di wilayah tersebut lebih tinggi dari pada lingkungan geografis lainnya.

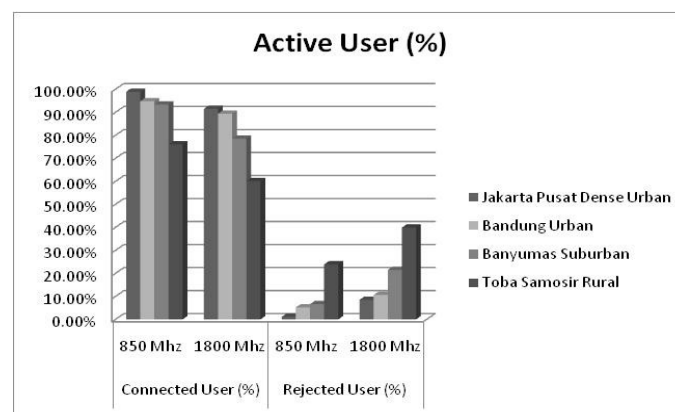
Tabel 13. Hasil Simulasi *Throughput*

Kota / Kabupaten	Lingkungan geografis	Average			Standar Deviasi	
		850 MHz	1800 MHz	+/-	850 MHz	1800 MHz
Jakarta Pusat	<i>Dense urban</i>	31,851.85	18,827.61	41%	10,035.33	12,007.71
Bandung	<i>Urban</i>	32,203.41	20,551.11	36%	10,345.44	11,778.55
Banyumas	<i>Suburban</i>	30,598.27	20,644.63	33%	11,330.11	11,682.27
Toba Samosir	<i>Rural</i>	25,454.93	11,436.33	55%	13,255.39	9,241.13

Terdapat peningkatan *throughput* hingga 55% pada penggunaan frekuensi 850 MHz, yang merupakan peningkatan tertinggi jika dibandingkan dengan wilayah lain, walaupun secara nilai *throughput* lebih kecil. Namun hal ini membuktikan bahwa pengaruh penggunaan frekuensi 850 MHz cukup signifikan di wilayah *rural* dan terpencil. Peningkatan *throughput* ini dikarenakan pada LTE *Advanced* 850 MHz menggunakan teknologi modulasi dan pengkodean hingga 11/12 256 QAM. Selain itu, wilayah *rural* memiliki lebih sedikit *user*, sehingga *single user throughput* lebih tinggi dibandingkan wilayah lain.

3.3.3 Simulasi *Active User*

Pada pendekatan kapasitas, maka dilakukan simulasi *active user*. Dimana pada simulasi ini, memprediksi jumlah pengguna yang aktif terhubung dengan eNodeB serta *effective throughput* jaringan LTE. Simulasi ini dirancang dengan memperhatikan berbagai parameter kapasitas yaitu: jenis layanan, jenis lingkungan, mobilitas pengguna dan jenis pengguna. Secara keseluruhan penggunaan Frekuensi 850 MHz memiliki persentase *connected active user* yang lebih baik. Implementasi LTE *Advanced* di Jakarta pusat memiliki *connected user* hingga 98.9%, sedangkan LTE 1800 Hanya memiliki *connected user* 91.5%, sebagaimana ditampilkan Gambar 5.

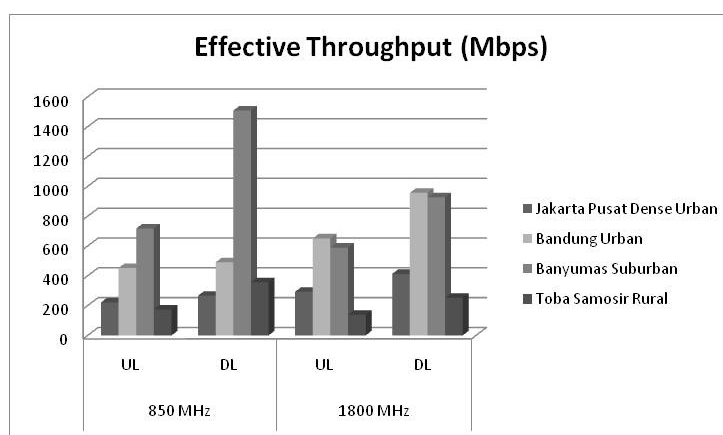


Gambar 5. Hasil parameter *Active User*

Sedangkan secara lingkungan geografis, wilayah yang memiliki kepadatan lebih tinggi seperti *dense urban* dan *urban* menghasilkan *connected user* yang lebih baik pula bila dibandingkan dengan wilayah *rural*. Hal ini dikarenakan kurang meratanya cakupan di wilayah *rural* yang disebabkan oleh *terrain* yang berbukit dan bergunung serta tidak meratanya kepadatan

penduduk diwilayah tersebut. Namun walaupun demikian, tingkat penetrasi diwilayah *rural* meningkat hingga 16% pada penggunaan frekuensi 850 MHz.

Sedangkan parameter *effective throughput*, seperti pada Gambar 6, menghitung *rate throughput* secara kapasitas trafik berdasarkan *active user*. Parameter ini menghasilkan nilai bahwa penggunaan frekuensi 1800 MHz memiliki *throughput* yang lebih tinggi daripada frekuensi 850 MHz pada wilayah *dense urban* dan *urban*, sedangkan pada wilayah *suburban* dan *rural* frekuensi 850 MHz memiliki *throughput* yang lebih baik daripada 1800 MHz hingga 20%. Hal ini membuktikan bahwa frekuensi 850 MHz lebih cocok di implementasikan di wilayah *Suburban* dan *rural* karena mampu meningkatkan penetrasi *user*, karena mampu mencakup wilayah yang lebih luas serta, menghasilkan *throughput* yang tinggi.



Gambar 6. Hasil parameter *Effective Throughput*

4. KESIMPULAN

Berdasarkan Perancangan dan simulasi yang telah dilakukan, maka penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut

1. Pada pendekatan cakupan, Implementasi LTE Advance 850 MHz mampu meningkatkan luas cakupan eNodeB hingga 65%. Terutama diwilayah *rural*, dimana luas cakupan eNodeB dapat mencakup hingga 26 Km².
2. Pada simulasi menggunakan Atoll 3.3 menunjukkan implementasi frekuensi 850 MHz dibandingkan frekuensi eksisting LTE 1800 MHz. Pada parameter RSRP (*Reference Signal Received Power*), memiliki peningkatan 46% di wilayah *dense urban* dan *urban*, 37% diwilayah *rural*.
3. Sedangkan pada parameter CINR (*Carrier to Interference Noise Ratio*) terjadi perbaikan kualitas sinyal *carrier* terhadap interferensi dan *noise* hingga 56% di wilayah *dense urban* dan *urban*, bahkan 60% di wilayah *rural*. Demikian pula pada parameter *throughput*, frekuensi 850 MHz mampu memberikan kecepatan *rate throughput* hingga 50 % lebih baik daripada 1800 MHz.
4. persentasi *connected user* pada frekuensi 850 MHz berada diatas 90% di wilayah *dense urban*, *urban* dan *suburban*, sedangkan frekuensi 1800 MHz menghasilkan *rejected user* yang tinggi hingga 39% diwilayah *rural*.
5. Pangaruh frekuensi 850 MHz lebih signifikan meningkatkan penetrasi layanan terutama diwilayah *rural* dan wilayah terpencil, dimana operator telekomunikasi sedikit melakukan investasi di daerah tersebut. Namun dengan implementasi frekuensi 850 MHz diharapkan mampu menciptakan pemerataan layanan *mobile broadband* hingga pelosok Indonesia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada RISTEKDIKTI dan LPPM Institut Teknologi Telkom Purwokerto yang telah mendukung penelitian ini terutama dari segi pendanaan melalui program hibah skema Penelitian Dosen Pemula (PDP).

DAFTAR RUJUKAN

- ETSI. (2016). *TS 136 101 - V13.3.0 - LTE; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) radio transmission and reception (3GPP TS 36.101 version 13.3.0 Release 13)* (Vol. 0). France.
- Hikmaturokhman, A., Wardhana, L., Aginsa, B. F., Dewantoro, A., Rian, M. F., Harto, I., & Mahardhika, G. (2014). *4G Handbook Edisi Bahasa Indonesia* (Edisi Pert, Vol. 1). Jakarta: www.nulisbuku.com.
- Huawei. (2010). *LTE Radio Network Planning Introduction*.
- ITU. (2017). *Global Ict Regulatory Outlook 2017*. Geneva. Retrieved from <http://staging.itu.int/en/ITU-D/Regulatory-Market/Pages/Outlook/2017.aspx>
- Molisch, A. F. (2011). *Wireless communications. IMA volumes in mathematics and its applications*, (Second Edi). West Sussex: John Wiley & Sons.
- Nugroho, K., & Fallah, M. S. (2018). Implementasi Load Balancing menggunakan Teknologi EtherChannel pada Jaringan LAN. *ELKOMIKA*, 6(3), 420–435.
- Setiawan, D. (2015). *Penataan Spektrum Frekuensi (Spectrum Policy and Planning)*. Bandung.
- Setiawan, D., Sirat, D., & Gunawan, D. (2012). Feasibility of LTE 700 MHz Digital Dividend for Broadband Development Acceleration in Rural Areas. *ITB Journal of Information and Communication Technology*, 6(1), 21–42. <https://doi.org/10.5614/itbj.ict.2012.6.1.2>
- Statistik, B. P. (2018). *Statistik Indonesia 2017*. Jakarta.
- Taha, A. E. M., Hassanein, H. S., & Ali, N. A. (2012). *LTE, LTE-Advanced and WiMAX: Towards IMT-Advanced Networks. LTE, LTE-Advanced and WiMAX: Towards IMT-Advanced Networks* (First Edit). West Sussex: John Wiley & Sons.
- Wahyudin, A., Muayyadi, A., Mufti, N., & Hasan, A. T. (2014). Planning and Techno-Economy Analysis of UMTS to LTE Migration at Frequency 700 MHz in DKI Jakarta. In *sitia 2014, 15th Seminar on Intelligent Technology and Its Applications* (pp. 1–6). Surabaya.
- Wahyudin, A., & Sakinah. (2016). Perancangan dan Analisa Penggelaran LTE Pada Frekuensi 700 MHz Dengan Metode Adaptif Modulation Coding Untuk Implementasi Digital Dividend Di Wilayah Sub-Urban dan Rural Kabupaten Banyumas. *Jurnal Elektro Telekomunikasi Terapan*, 3(2), 342–354.