

**ANALISIS PERENCANAAN JARINGAN PUBLIC PROTECTION AND DISASTER RELIEF (PPDR)
BERBASIS TEKNOLOGI LONG TERM EVOLUTION (LTE) 700 Mhz DI WILAYAH BANDUNG**

**PLANNING ANALYSIS OF PUBLIC PROTECTION AND RELIEF PROTECTION (PPDR) BASED ON
LONG-TERM EVOLUTION TECHNOLOGY (LTE) 700 Mhz IN BANDUNG AREA**

Fahrizal Mohamad Fadli¹, Ahmad Tri Hanuranto², Nachwan Mufti Adriansyah²

^{1,2} Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom,

¹fahrizalmohamadfadli@students.telkomuniversity.ac.id, ²athanuranto@telkomuniversity.ac.id,
²nachwanmufti@telkomuniversity.ac.id

ABSTRAK

Wilayah Bandung berdasarkan hasil data BNPB merupakan salah satu daerah rawan bencana alam dan sering terjadi permasalahan sosial. Oleh karena itu dibutuhkan penanganan Public Protection and Disaster Relief untuk menciptakan keadaan yang aman. Layanan Public Protection and Disaster Relief (PPDR) disediakan oleh instansi yang diakui pemerintah untuk memberikan bantuan langsung dalam situasi yang beresiko terhadap kehidupan.

Layanan yang diberikan oleh PPDR berbagai macam mulai dari pengiriman pesan sampai layanan video berkualitas tinggi yang membutuhkan bandwidth yang cukup besar, oleh karena itu European Conference of Postal and Telecommunications Administrations (CEPT) oleh Electronics Communications Committee (ECC) membahas opsi spektrum untuk penerapan layanan PPDR broadband dalam rentang frekuensi 400 dan 700 MHz. Dalam frekuensi ini LTE merupakan kandidat teknologi terbaik yang dapat diaplikasikan dalam frekuensi ini. Teknologi LTE secara teoritis menawarkan kecepatan downlink up to 100 Mbps dan Uplink up to 50 Mbps yang cukup untuk memenuhi kebutuhan – kebutuhan layanan PPDR.

Pada Tugas Akhir ini dibahas tentang perencanaan jaringan PPDR berbasis teknologi LTE frekuensi 700 Mhz dengan studi kasus di Wilayah Bandung. Perancangan jaringan menggunakan 12 skenario untuk memilih skenario mana yang paling baik. Perancangan melalui beberapa tahapan yaitu, analisis layanan, perencanaan jaringan berdasarkan daerah cakupan (planning by coverage) dan perencanaan jaringan berdasarkan kebutuhan layanan PPDR, dan terakhir melakukan simulasi hasil perencanaan dengan menggunakan software Atoll yaitu Coverage site, RSRP, SINR & Throughput
Kata Kunci : PPDR, APT 700, LTE, Network Planning

ABSTRACT

Bandung region based on data results BNPB is one of the areas prone to natural disasters and social problems often occur. Therefore it takes the handling of Public Protection and Disaster Relief to create a safe state. The Public Protection and Disaster Relief Service (PPDR) is provided by government-recognized agencies to provide direct assistance in life-risk situations. The services provided by PPDR range from messaging to high-quality video services requiring substantial bandwidth, therefore the European Conference of Postal and Telecommunications Administrations (CEPT) by the Electronics Communications Committee (ECC) discusses the spectrum options for the implementation of the PPDR service broadband in the 400 and 700 MHz frequency bands. In this frequency LTE is the best technology candidate that can be applied in this frequency. LTE technology theoretically offers downlink speeds up to 100 Mbps and up to 50 Mbps of uplink which is sufficient to meet the needs of PPDR services. In this final project discussed about PPDR network planning based on 700 Mhz LTE technology with case study in Bandung Region. The design of the network using 12 scenarios to choose which scenario is the best. The design through several stages namely, service analysis, network planning by coverage and network planning based on service needs of the PPDR, and finally perform the simulation of planning results using Atoll software ie Coverage site, RSRP, SINR & Throughput

Keywords: LTE, PPDR, APT700, Software Atoll, Network Planning.

1. Pendahuluan

Bandung menurut BNPB dalam Data Informasi Bencana Indonesia (DIBI) sudah terjadi bencana sebanyak 599 dari tahun 2000 – 2017 [3]. Oleh karena itu perlu adanya suatu sistem keselamatan publik, sehingga diperlukan adanya suatu revitalisasi dari instansi-instansi yang terkait dengan keselamatan publik. *Public Protection and Disaster Relief* (PPDR) adalah suatu kegiatan pencegahan, penanganan dan perlindungan terhadap hal-hal yang membahayakan masyarakat umum yang dapat menimbulkan dampak yang signifikan, cedera, kerugian atau kerusakan seperti kejahatan dan bencana baik yang disebabkan oleh manusia maupun disebabkan oleh alam [1]. Oleh karena itu, keselamatan publik merupakan sesuatu hal yang penting demi terciptanya suatu rasa aman dan nyaman dalam masyarakat sehingga dapat menjadi salah satu pendukung dalam mewujudkan stabilitas nasional [2].

2. Dasar Teori

2.1 Public Protection and Disaster Relief (PPDR)

Layanan *Public Protection and Disaster Relief* (PPDR) disediakan oleh sebuah layanan atau agen, yang diakui oleh pemerintah nasional, yang memberikan bantuan langsung dan cepat dalam situasi yang beresiko langsung terhadap kehidupan atau anggota badan, kesehatan atau keselamatan individu atau publik, properti pribadi atau publik, atau lingkungan [13].

2.2 Long Term Evolution (LTE)

LTE adalah sebuah standar komunikasi akses data nirkabel tingkat tinggi yang berbasis pada jaringan GSM/EDGE dan UMTS/HSPA yang diperkenalkan pertama kali oleh 3GPP (*third generation partnership project*) release 8 [17][18]. Perubahan signifikan dibandingkan standar sebelumnya meliputi 3 hal utama, yaitu air interface, jaringan radio serta jaringan core. Dari sisi interface, LTE menggunakan OFDMA (*Orthogonal Frequency Division Multiple Access*) pada sisi downlink dan SC-FDMA (*Single Carrier-Frequency Division Multiple Access*) pada sisi uplink-nya.

2.3 Perencanaan Jaringan LTE

Perencanaan jaringan seluler pada tugas akhir ini dilakukan berdasarkan kebutuhan layanan PPDR dan cakupan. Dari hasil dari dua pendekatan tersebut digunakan untuk menentukan jumlah sel yang dibutuhkan. Perencanaan LTE menggunakan 2 pendekatan yaitu : Kapasitas dan Cakupan

2.3.1 Perencanaan Jaringan LTE berdasarkan kapasitas (Capacity Planning)

Dalam perencanaan kapasitas perlu dilakukan *Forecasting* jumlah user sebagai gambaran berapa banyak jumlah user di masa mendatang:

$$P_t = P_o (1 + r)^t \quad (1)$$

Kemudian menghitung Throughput pada layanan yang dirumuskan sebagai berikut [18][19] :

$$\text{Throughput} = \text{Bearer rate} \times \text{Session time} \times \text{Session duty ratio} \times \left[\frac{1}{(1 - \text{BLER})} \right] \quad (2)$$

Lalu untuk menghitung *Single User Throughput* (SUT) yang digunakan menggunakan persamaan^[1]

$$SUT = \left[\sum \left(\frac{\text{Throughput}}{\text{Session}} \right) \times \text{BHSA} \times \text{Penetration ratio} \times (1 + \text{Peak to avaration}) \right] \quad (3)$$

Maka dapat dicari nilai *Network Throughputnya* sebagai berikut [18][19] :

$$\text{Network throughput UL} = \text{Total user} \times \text{Appllication}_{\text{UL}} \quad (4)$$

$$\text{Network throughput DL} = \text{Total user} \times \text{Application}_{\text{DL}} \quad (5)$$

Kapasitas sel yang diperoleh dari jaringan LTE di dapatkan dari persamaan berikut^{[18][19]}:

$$\text{Cell Capacity}_{\text{UL}} + \text{CRC} = (168 - 24) \times \text{Code bits} \times \text{Code Rate} \times \text{Nrb} \times \text{C} \times 1000 \quad (6)$$

$$\text{Cell Capacity}_{\text{DL}} + \text{CRC} = (168 - 36 - 12) \times \text{Code bits} \times \text{Code Rate} \times \text{Nrb} \times \text{C} \times 1000 \quad (7)$$

Lalu setelah menghitung *Network Throughput*, kita bisa menghitung jumlah site yang dibuhkan, persamaan menghitung jumlah site sebagai berikut:

$$\text{Number of site} = \frac{\text{Network Throughput}}{\text{Site Capacity}} \quad (8)$$

2.3.2 Perencanaan Jaringan LTE berdasarkan cakupan (*Coverage Planning*)

Luas cakupan sel didapatkan dari hasil bagi antara luas area perencanaan dengan total jumlah sel yang telah diperoleh dari hasil perhitungan perencanaan berdasarkan kapasitas. Maka luas cakupan sel di tuang dalam persamaan sebagai^{[18][19]}:

$$\text{luas sel} = 1,95 \times 2,6 \times D^2 \text{ (sel)} \quad (9)$$

maka jari-jari sel dapat diperoleh dengan menggunakan rumus^{[18][19]}:

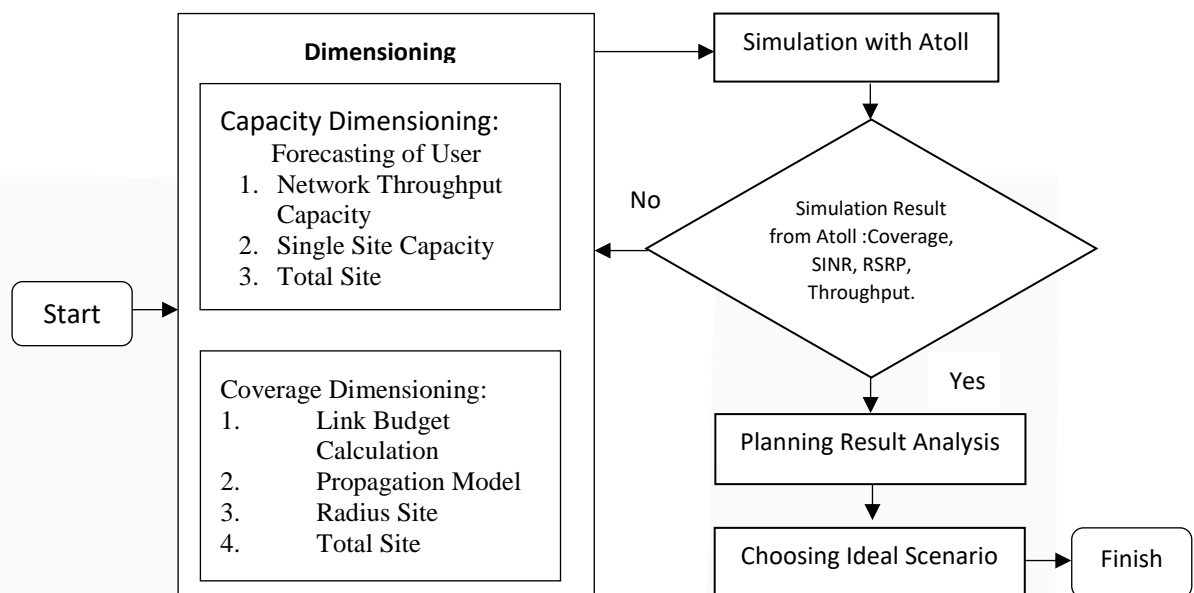
$$\text{Jari - jari} = \sqrt{\frac{\text{Luas cakupan sel}}{1,95 \times 2,6 \times D^2}} \text{ (Km)} \quad (10)$$

Pemilihan model propagasi akan berdampak pada besarnya cakupan sel, dilihat dari nilai path loss yang dihasilkan. Dengan melihat parameter yang digunakan pada tugas akhir ini seperti: frekuensi kerja jaringan LTE di 700MHz, tinggi base station 30 m, ketinggian user dibawah 1,5m dan jarak antara user dengan base station berada diantara 1-20km, maka model propagasi yang digunakan adalah model Okumura-Hatta. Model path loss yang diajukan oleh Okumura-Hatta ini memiliki persamaan^{[18][19]}:

$$L = 69,55 + 26,16 \log(f) - 13,82 \log(hb) - a(hr) + (44,9 - 6,55 \log(hb)) \log D + (C) \quad (11)$$

3. PERANCANGAN JARINGAN LTE

3.1 Tahapan Perancangan Jaringan



Gambar 3.1 Diagram Alir Perencanaan Jaringan.

Tahapan perancangan jaringan LTE-PPDR yaitu:

1. Penentuan layanan pada PPDR dan pengumpulan data. Data yang dikumpulkan adalah mengenai kondisi daerah *existing* kota dan kabupaten Bandung dengan data mengacu pada kondisi jumlah penduduk dan instansi – instansi PPDR dan layanan PPDR yang diberikan.
2. Melakukan perencanaan jaringan dengan berdasarkan *capacity planning* yang akan menghasilkan total jumlah sel yang dibutuhkan dengan cara menghitung total *network throughput* tiap instansi.
3. Melakukan perencanaan jaringan dengan berdasarkan *coverage planning* dengan menggunakan data dari *Referensi* dengan memakai model propagasi Okumura-Hatta.
4. melakukan proses simulasi dengan *software* perencanaan jaringan. Pada tugas akhir ini akan menggunakan *software* Atoll. Lalu akan dipilih skenario terbaik dalam perancangan LTE dengan berdasarkan nilai throughput, SINR dan RSRP.

3.2 Estimasi Penduduk Wilayah Bandung

Pada Tugas Akhir ini penulis memproyeksikan pertumbuhan jumlah penduduk wilayah bandung dari 2018 sampai dengan tahun 2028. Dengan menggunakan data rata – rata & Standar Deviasi laju pertumbuhan pada wilayah bandung menurut Badan Pusat Statistika pada tahun 2011 - 2016. Pada tugas akhir saya menggunakan peramalan dengan 3 skenario.

TOTAL PENDUDUK WILAYAH BANDUNG					
(Average)		(Average-ST. DEV)		(Average+ST. DEV)	
Tahun	Jumlah	Tahun	Jumlah	Tahun	Jumlah
2015	6.015.580	2015	6.015.580	2015	6.015.580
2016	6.045.712	2016	6.039.340	2016	6.052.084
2017	6.075.995	2017	6.063.194	2017	6.088.810
2018	6.106.430	2018	6.087.142	2018	6.125.759
2019	6.137.017	2019	6.111.184	2019	6.162.932
2020	6.167.758	2020	6.135.322	2020	6.200.331
2021	6.198.652	2021	6.159.554	2021	6.237.957
2022	6.229.701	2022	6.183.883	2022	6.275.811
2023	6.260.906	2023	6.208.308	2023	6.313.894
2024	6.292.267	2024	6.232.829	2024	6.352.209
2025	6.323.785	2025	6.257.447	2025	6.390.756
2026	6.355.461	2026	6.282.162	2026	6.429.537
2027	6.387.296	2027	6.306.975	2027	6.468.554
2028	6.419.290	2028	6.331.885	2028	6.507.807

Tabel 3.1 Pertumbuhan penduduk wilayah Bandung

3.3 Forecasting Personel Pengguna Layanan PPDR

Instansi PPDR di daerah bandung terdiri dari : Polisi Republik Indonesia (POLRI), Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD), Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), Petugas Kesehatan, Kecamatan dan Pemadam Kebakaran. Perhitungan *Forecasting* Instansi PPDR menggunakan perbandingan dengan jumlah penduduk di daerah perencanaan. Berikut perbandingan antara penduduk dengan tiap instansi :

No.	Instansi	Perbandingan dengan jumlah Penduduk
1	Polri	1:400
2	Petugas Kesehatan	332,4:100000
3	BNPB	1:100000
4	BPBD	1:5000
5	Pemadam Kebakaran	1:5000
6	Kecamatan	4: 1kecamatan

Tabel 3.2 Perbandingan Personel PPDR dengan jumlah penduduk wilayah Bandung

3.4 Menghitung Total Site

Perhitungan jumlah site dengan menggunakan Demand Network dibagi dengan cell capacity yang sudah didapat sebelumnya, maka dihasilkan nilai seperti berikut:

Jumlah BTS dengan LAYANAN OPERATOR WILAYAH BANDUNG								
(Average)			(Average-ST. DEV)			(Average+ST. DEV)		
Tahun	Jumlah		Tahun	Jumlah		Tahun	Jumlah	
	5Mhz	10Mhz		5Mhz	10Mhz		5Mhz	10Mhz
2018	16,0	8,0	2018	15,9	8,0	2018	16,0	8,0
2019	16,1	8,0	2019	16,0	8,0	2019	16,1	8,1
2020	16,1	8,1	2020	16,1	8,0	2020	16,2	8,1
2021	16,2	8,1	2021	16,1	8,1	2021	16,3	8,2
2022	16,3	8,2	2022	16,2	8,1	2022	16,4	8,2
2023	16,4	8,2	2023	16,3	8,1	2023	16,5	8,3
2024	16,5	8,2	2024	16,3	8,2	2024	16,6	8,3
2025	16,6	8,3	2025	16,4	8,2	2025	16,7	8,4
2026	16,7	8,3	2026	16,5	8,2	2026	16,8	8,4
2027	16,8	8,4	2027	16,5	8,3	2027	17,0	8,5
2028	16,8	8,4	2028	16,6	8,3	2028	17,1	8,5

Tabel 3. 3 Jumlah BTS dengan layanan A

Jumlah BTS dengan LAYANAN OPERATOR WILAYAH BANDUNG								
(Average)			(Average-ST. DEV)			(Average+ST. DEV)		
Tahun	Jumlah		Tahun	Jumlah		Tahun	Jumlah	
	5Mhz	10Mhz		5Mhz	10Mhz		5Mhz	10Mhz
2018	16	8	2018	15	8	2018	16	8
2019	16	8	2019	16	8	2019	16	8
2020	16	8	2020	16	8	2020	16	8
2021	16	8	2021	16	8	2021	16	8
2022	16	8	2022	16	8	2022	16	8
2023	16	8	2023	16	8	2023	16	8
2024	16	8	2024	16	8	2024	16	8
2025	16	8	2025	16	8	2025	16	8
2026	16	8	2026	16	8	2026	16	8
2027	16	8	2027	16	8	2027	17	8
2028	16	8	2028	16	8	2028	17	8

Tabel 3. 4 Jumlah BTS dengan layanan B

3.5 Coverage Planning

Dalam perencanaan jaringan PPDR-Lte berdasarkan cakupan digunakan model propagasi okumura-hatta, pada planning coverga juga menghitung MAPL untuk mengetahui jumlah bts yang diperlukan untuk mencakup semua wilayah. Wilayah bandung sendiri mempunyai luas 1935km²

3.6 Perhitungan Link Budget

Untuk menghitung Coverage Planning pada perencanaan LTE diperlukan perhitungan MAPL atau Link Budget yang akan dijelaskan pada tabel berikut :

Transmitter – eNode B	
HS-DSCH power (dBm)	43
TX antenna gain (dBi)	17
Cable loss (dB)	3
EIRP (dBm)	57
Receiver – UE	
UE noise figure (dB)	7
Thermal noise (dBm)	-102,2
Receiver noise floor (dBm)	-97,5
SNR (dB)	-5,0
Receiver sensitivity (dBm)	-100,0
Interference Margin (dB)	5,2
Control Channel Overhead (dB)	1,0
RX antenna gain (dBi)	0,0
Body Loss (dB)	3,0
log normal fading margin	0,0
Maximum path loss	147,8

Tabel 3.51 Parameter Link pada planning Coverage

3.7 Model Propagasi LTE

Untuk Model perhitungan Okumura-Hatta, perhitungan model propagasi Okumura-Hatta menggunakan persamaan 2.9. Penulis menggunakan 2 skenario yaitu dengan Power Tx 43dBm dan Power Tx 46 dBm. maka nilai yang dihasilkan adalah

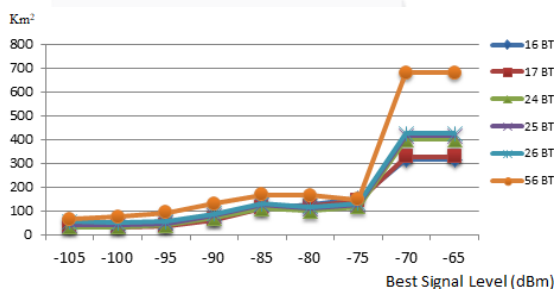
Calculation	Formula	Result
Cell coverage 3 sector (Power Tx = 43 dBm)	$2,6 \times 1,95 \times d^2$	36 Km ²
Cell coverage 3 sector (Power Tx = 46 dBm)	$2,6 \times 1,95 \times d^2$	53 Km ²
Total cell (Power Tx = 43 dBm)	$\frac{\text{Area Wide}}{\text{Cell coverage}}$	57
Total cell (Power Tx = 46 dBm)	$\frac{\text{Area Wide}}{\text{Cell coverage}}$	38

Tabel 3. 6 Parameter Link pada planning Coverage

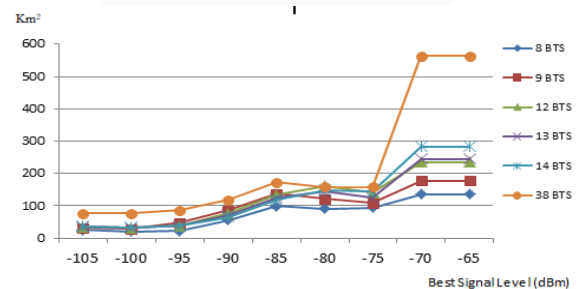
4. ANALISIS JARINGAN PPDR-LTE DENGAN STUDI KASUS WILAYAH BANDUNG

4.1 Coverage by signal level

RSRP (Reference Signal Received Power) berfungsi untuk memberikan informasi terhadap UE mengenai kuat sinyal pada suatu sel berdasarkan perhitungan path loss dan menentukan handover.



Gambar 4.3 RSRP dengan Bandwidth 5Mhz



Gambar 4.4 RSRP dengan Bandwidth 10Mhz

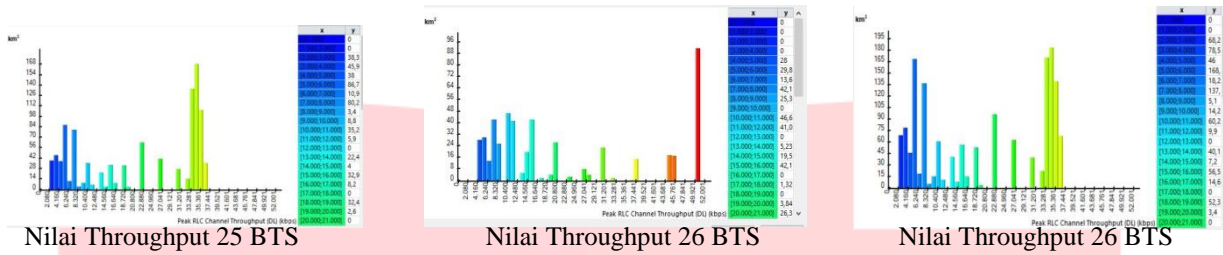
Pada simulasi ini, perhitungan parameter RSRP menggunakan kelayakan perencanaan LTE dengan parameter KPI operator sebesar RSRP > -92dBm. Berdasarkan grafik yang dihasilkan terlihat bahwa semakin banyak BTS nilai RSRP yang dihasilkan semakin baik. Pada grafik ini terlihat bahwa cakupan area yang memenuhi parameter KPI pada RSRP yaitu 56 bts pada 5 Mhz dan 38 Bts pada 10 Mhz.

4.2 SINR (Signal to Interference Noise Ratio)

Nilai Throughput 16 BTS

Nilai Throughput 17 BTS

Nilai Throughput 24 BTS



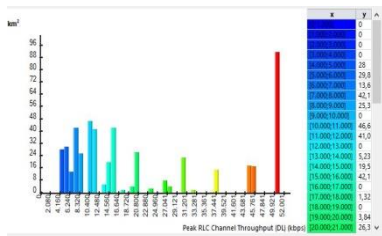
Nilai Throughput 25 BTS

Nilai Throughput 26 BTS

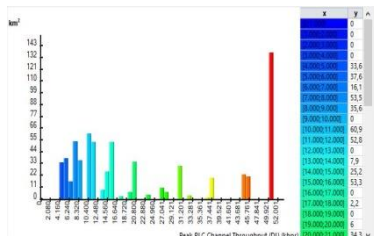
Nilai Throughput 26 BTS

Gambar 4.7 Nilai Throughput dengan Bandwidth 5 Mhz

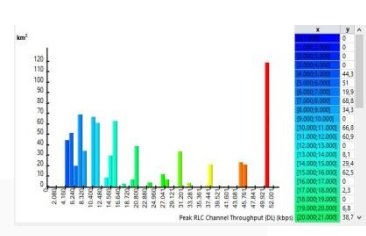
Pada simulasi ini, perhitungan parameter Throughput menggunakan kelayakan perencanaan LTE dengan parameter KPI operator sebesar Throughput > 12 mbps untuk memberikan pengalaman yang baik untuk pengguna. Berdasarkan grafik yang dihasilkan terlihat bahwa 16 bts, 24 bts, 25 bts dan 56 bts mempunyai throughput yang bagus, hal ini disebabkan oleh jarak Tercukupinya kebutuhan Bandwidth pengguna.



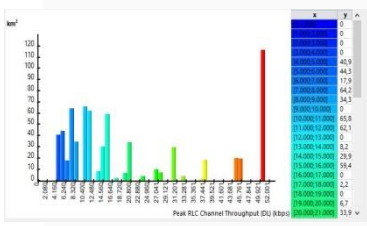
Nilai Throughput 8 BTS



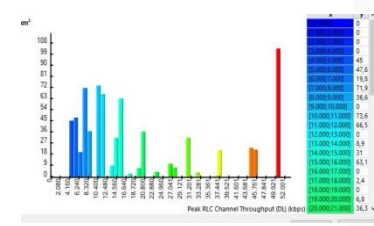
Nilai Throughput 9 BTS



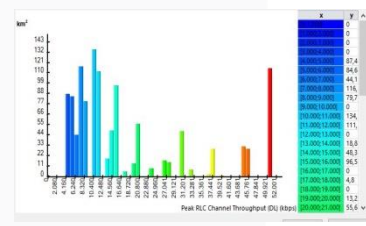
Nilai Throughput 12 BTS



Nilai Throughput 13 BTS



Nilai Throughput 14 BTS



Nilai Throughput 38 BTS

Gambar 4.8 Nilai Throughput dengan Bandwidth 5 Mhz

Pada penggunaan Bandwidth pada simulasi terlihat bahwa throughput yang dihasilkan oleh bandwidth lebih baik daripada bandwidth 5Mhz. Ini dikarenakan pada bandwidth 10Mhz mempunyai Nrb yang lebih besar daripada 5Mhz. Bandwidth juga mempunyai user connected yang lebih banyak

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan perancangan, simulasi, dan pengukuran, pada antenna microstrip double E-Shaped, Berdasarkan hasil penelitian dan analisis pada Tugas Akhir saya maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Perencanaan *Public Protection and Disaster Relief* berbasis *Teknologi Long Term Evolution 700 Mhz* layak diimplementasikan di area Bandung.
2. Kondisi geografis pada study case berpengaruh pada perencanaan jaringan.
3. Pada perencanaan jaringan PPDR, Bandwidth 10Mhz menghasilkan total number of site yang lebih sedikit. Karena Nrb sebagai Bandwidth 10Mhz lebih besar.
4. pada simulai atoll, banyaknya bts berpengaruh pada nilai pramater KPI yaitu RSRP.
5. Pada parameter SINR, Bandwidth 10Mhz mempunyai interferenc ratio yang lebih itnggi daripada 5Mhz.
6. Pada parameter Throughput, Bandwidth 10Mhz mempunyai Bandwidth yang lebih besar daripada Bandwidth 5Mhz.
7. Dari hasil analisis jumlah site yang ideal berasal dari perhitungan coverage dengan bandwidth 5Mhz yaitu 56 BTS, karna dengan pertimbangan coverga yang lebih luas, SINR lebih tinggi dari 38 bts yang

menandakan bahwa 56 bts mempunyai kualitas sinyal yang bagus dan rsrp yang lebih luas cakupannya.

5.2 SARAN

Adapun Saran penulis pada Tugas Akhir sebagai Berikut :

1. Pemodelan perencanaan pada Atoll kurang bervariasi sehingga disarankan untuk menggunakan *software* simulasi yang mempunyai lebih banyak permodelan perencanaan.
2. Mengkaji pemahaman tentang teori perencanaan jaringan, LTE 700Mhz dan Regulasi Hukum telekomunikasi
3. Perlu dikaji mendalam mengenai pembiayaan perencanaan Jaringan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] [1] Fluvana Country. Comprehensive Plan. Fulvana Country Virginia. 2009.
- [2] Silvinati, Anasia. INDONESIA: Safety and Security Equipment. The U.S. Commercial Service. 2008.
- [3] Badan Nasional Penanggulangan Bencana. "Data Informasi Bencana Indonesia (DIBI)". [Online] Available: <http://bnpb.cloud/bnpb/tabel2>
- [4] Yuniarti, Diah, "Pemanfaatan Frekuensi Untuk *Public Protection and Disaster Relief* (PPDR)," Buletin Pos dan Telekomunikasi, 2015.
- [5] Joint Task Group (JTG) – India. GSM Association http://www.gsmworld.com/documents/india_letter_to_JTG_FINAL_040909.pdf
- [6] REPORT ITU-R M.2033. Radiocommunication Objectives and Requirements for Public Protection and Disaster Relief. ITU. 2003.
- [7] Draft 'Buku Putih' Penyelenggaraan Televisi Digital Terrestrial Tetap (TVDDT). Departemen Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia. 2009.
- [8] Hewitt, Tim. WiMAX Forum® Position Paper for WiMAX™ Technology in the 700 MHz Band. WiMax Forum. 2008.
- [9] TEMA proposal for 700 MHz band plan. Telecom Equipment Manufacturers' Association of India. <http://210.212.79.13/DocFiles/Proposal%20from%20TEMA.doc>
- [10] Debeasi, Paul. Why is 700 MHz is so Valuable. <http://www.searchmobilecomputing.com.2008>
- [11] Cramton, Peter. The 700 MHz Spectrum Auction: An Opportunity to Protect Competition In a Consolidating Industri. Frontline Wireless, LCC. 2007
- [12] Ardyan Indra Pramana Putra, "Perencanaan tahap awal jaringan radio untuk komunikasi keselamatan publik pada frekuensi 700 MHz di wilayah DKI Jakarta," Perpustakaan Universitas Indonesia.
- [13] "Public Protection and Disaster Relief (PPDR)," Copenhagen Denmark. *European Conference of postal and Telecommunications Administrations*. [Online]. Available: <http://cept.org/ecc/topics/public-protection-and-disaster-relief-ppdr>.
- [14] Y. Manggala, "proteksi publik," March 2014. [Online]. Available: <https://proteksipublik.wordpress.com/lembaga-institusi-dan-inisiatif-ppdr/>.
- [15] Mahanagar Doorsanchar Bhawan, "Next Generation Public Protection and Disaster Relief (PPDR) communication networks," *Telecom Regulatory Authority of India*, October. 2017.
- [16] Ramon FerrÃos, Oriol Sallent, "Mobile Broadbands Communications for Public Safety: The Road Ahead Through LTE Technology, 2015.
- [17] CK Toh, P. "4G LTE Technologies: System Concept" ..
- [18] Uke Kurniawan Usman, Galuh Prihatmoko, Denny Kusuma H, Sigit Dedi Purwanto, (2011). "Fundamental Teknologi Seluler LTE". Penerbit: Rekayasa sains, Bandung.
- [19] Liu Jinghai, Wang Tao. "LTE Radio Network Capacity Dimensioning". China: Huawei Technologies CO, 2011.
- [20] Liu Jinghai, Cheng Tangbai, Yang Bo. "Long Term Evolution (LTE) Radio Access Network Planning Guide". China: Huawei Technologies CO, 2011.
- [21] Pemerintah Kota Bandung. "Peta Kota Bandung". [Online] Available: <http://peta-kota.blogspot.co.id/2011/05/peta-kota-bandung.html>
- [22] Badan Pusat Statistik Bandung. "Jumlah Penduduk dan Rasio Jenis Kelamin Menurut Kecamatan di Kota Bandung Tahun 2015". [Online] Available: <https://bandungkota.bps.go.id/linkTabelStatis/view/id/17>
- [23] "Peta Infrastruktur Kabupaten Bandung". Loket Pelayanan Informasi Peta.
- [24] Badan Pusat Statistik, "Kabupaten Bandung dalam angka", 2016.
- [25] Wikipedia, "Badan Nasional Penanggulangan Bencana". [Online] Available: https://id.wikipedia.org/wiki/Badan_Nasional_Penanggulangan_Bencana.
- [26] Kepolisian Negara Republik Indonesia. Belajar Sejenak Pencegahan kejahatan dari dan di Korea. [Online] Available: http://www.polri.go.id/indexwide.php?op=-news&id_rec=825.