

**PERENCANAAN JARINGAN PPDR BERBASIS *BROADBAND LTE-ADVANCED*
MENGUNAKAN FITUR *CARRIER AGGREGATION INTER-BAND NON-
CONTIGUOUS* PADA FREKUENSI 400 MHZ DAN 800 MHZ
DI WILAYAH BANDUNG**

***PLANNING OF PPDR NETWORK BASED ON BROADBAND LTE-ADVANCED
USING INTER-BAND NON-CONTIGUOUS CARRIER AGGREGATION FEATURE
AT 400 MHZ AND 800 MHZ IN BANDUNG AREA***

Pandu Aditya Perkasa, Ahmad Tri Hanuranto, dan Innel Lindra
Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
*pandoadityaperkasa@student.telkomuniversity.ac.id, athanuranto@telkomuniversity.ac.id,
innellindra@telkomuniversity.ac.id*

Abstrak

Public Protection and Disaster Relief (PPDR) dinilai sebagai solusi yang konkret untuk membantu proses penyelamatan dan evakuasi korban saat terjadi bencana alam dan tindakan kriminal. Dengan adanya jaringan PPDR instansi keselamatan publik akan terintegrasi dan dapat saling berkomunikasi secara masif dalam satu jaringan khusus dan eksklusif. Luaran dari Tugas Akhir ini adalah rancangan jaringan PPDR berdasarkan jumlah site dan kualitas sinyal yang telah disesuaikan dengan kebutuhan layanan personel PPDR di wilayah Bandung. Dengan menggunakan frekuensi 400 MHz di band 31 dan frekuensi 800 MHz di band 20 serta pemanfaatan fitur Carrier Aggregation Inter-band Noncontiguous pada LTE-A dapat mengoptimalkan sistem komunikasi untuk public protection (PP) dan disaster relief (DR). Skenario yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah A : Perancangan dilakukan dengan menggunakan duplexing FDD-FDD pada band 31 dan band 20, dan skenario B : Perancangan dilakukan dengan menggunakan duplexing FDD-TDD pada band frekuensi yang sama, dan C: Perancangan dilakukan dengan mode duplexing FDD tanpa fitur *Carrier Aggregation*. Berdasarkan simulasi yang dilakukan, SINR yang dihasilkan oleh *power transmitter* 43 dBm adalah 10,58 dB sedangkan untuk *power transmitter* 46 dBm adalah 9,33 dB untuk skenario A dan B, sedangkan skenario C menghasilkan 11,51 dB pada skema 43 dBm dan 10,48 dB pada skema 46 dBm dan RSRP yang dihasilkan pada *power transmitter* 43 dBm adalah -84,42 dBm untuk skenario A dan B, sedangkan skenario C -78,18 dBm. Sedangkan untuk 46 dBm adalah -85,4 dBm untuk kedua skenario, dan -77,43 dBm untuk 46 dBm. Sedangkan pada parameter *throughput*, skenario A memberikan hasil yang lebih baik dari skenario B, hal tersebut dipengaruhi oleh mode *duplexing* yang digunakan.

Kata kunci : PPDR, LTE-A, Carrier Aggregation, Throughput, RSRP, SINR.

Abstract

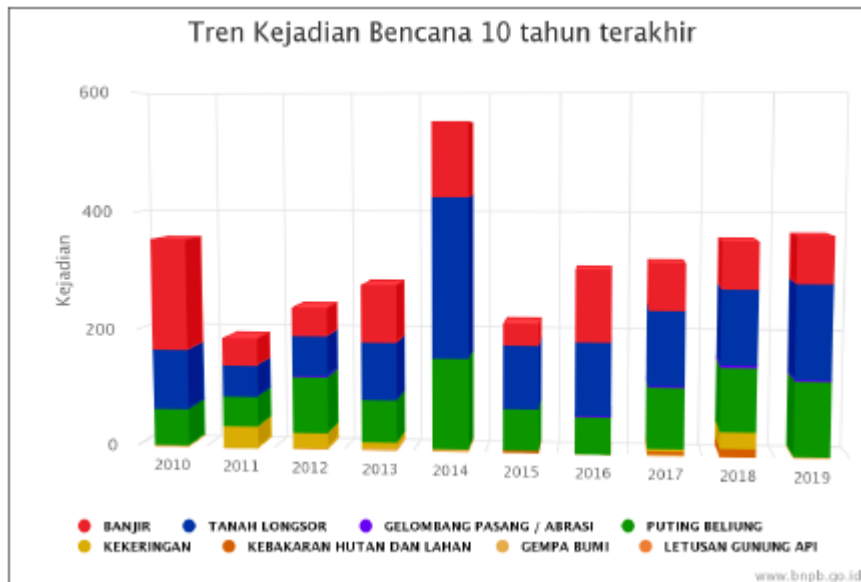
Public Protection and Disaster Relief (PPDR) is a concrete solution to help the process of saving and evacuating victims during natural disasters and criminal incidents. With the PPDR network, public safety agencies will be integrated and able to communicate massively with one another in a special and exclusive network. The output of this Thesis is the PPDR network design based on the number of sites and signal quality that has been adjusted to the service needs of PPDR personnel in Bandung area. By using 400 MHz frequency in band 31 and 800 MHz frequency in band 20 and utilizing the Noncontiguous Inter-band Carrier Aggregation feature on LTE-A can optimize communication systems for public protection (PP) and disaster relief (DR). The scenarios used in this Final Project are A: The design is using FDD-FDD duplexing in band 31 and band 20, and scenario B: Design is using FDD-TDD duplexing in the same frequency band and C : Design is using 400 MHz frequency without Carrier Aggregation. Based on the simulation conducted, the SINR produced by the 43 dBm power transmitter is 10.58 dB while for the 46 dBm power transmitter is 9.33 dB for scenarios A and B, while Scandean C produces 11.51 dB on the 43 dBm and 10,48 schemes dB in the 46 dBm and RSRP schemes generated at the 43 dBm power transmitter is -84.42 dBm for scenarios A and B, while scenario C is -78.18 dBm. Whereas 46 dBm is -85.4 dBm for both scenarios, and -77.43 dBm for 46 dBm. While in the throughput parameters, scenario A gives better results than scenario B, it is influenced by the duplexing mode used.

Keywords: PPDR, LTE-A, Carrier Aggregation, Throughput, RSRP, SINR.

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara dengan jumlah penduduk terbanyak di dunia. Berdasarkan worldometers, hingga awal tahun 2019 total penduduk Indonesia berada di urutan keempat dunia yaitu sekitar 267 juta orang. Selain itu, Indonesia juga merupakan negara dengan kondisi permukaan wilayah (relief) yang sangat beragam. Secara geografis Indonesia diapit oleh dua samudra, yaitu samudra Hindia dan samudra Pasifik. Secara geologis Indonesia terletak pada pertemuan tiga lempeng utama di dunia, yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia, dan lempeng Pasifik. [1]

Kondisi permukaan wilayah yang beragam dan banyaknya jumlah penduduk di Indonesia menimbulkan dampak bahwasanya negara Indonesia merupakan salah satu negara yang paling rawan bencana dan tingkat kriminalitas yang tinggi. Berdasarkan Data Informasi Bencana Indonesia (DIBI) tercatat bahwa lebih dari 20.000 kejadian bencana dan kriminalitas terjadi di Indonesia paling tidak dalam kurun waktu 10 tahun terakhir [2].



Gambar 1. Grafik kejadian bencana alam 10 tahun terakhir [3].

Jawa Barat menempati posisi kedua terbanyak untuk jumlah kejadian bencana alam di Indonesia. **Gambar 1** menunjukkan jumlah kejadian bencana alam yang terjadi di Jawa Barat. Tercatat 3100 lebih kejadian terjadi dalam kurun waktu 10 tahun terakhir dengan sekitar 400 kejadian terjadi di wilayah Bandung. Bencana alam yang paling sering terjadi di wilayah Bandung adalah bencana banjir, tanah longsor, dan puting beliung. Saat terjadi kejadian yang berpotensi mengakibatkan banyak korban, instansi penyelamat membutuhkan sistem komunikasi yang terintegrasi secara optimal. Hal tersebut tentu saja menjadi perhatian khusus bagi pemerintah Indonesia dikarenakan peralatan yang dimiliki instansi penyelamatan publik saat ini memiliki fitur dan akses yang terbatas sehingga dinilai perlu ada peningkatan kualitas agar instansi-instansi tersebut dapat bekerja lebih maksimal. Public Protection and Disaster Relief (PPDR) dinilai sebagai solusi paling konkret untuk membantu proses penyelamatan dan evakuasi korban saat terjadi bencana alam dan tindakan kriminal. Instansi keselamatan publik seperti kepolisian, pemadam kebakaran, Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), Badan Nasional Pencarian dan Pertolongan (BNPP), dinas perhubungan, pemerintah setempat dan ambulans akan terintegrasi dan dapat saling berkomunikasi secara masif dalam satu jaringan khusus dan eksklusif. Selain itu, PPDR juga akan sangat membantu proses evakuasi bilamana suatu saat terjadi bencana alam. Pada Resolution 646 (Rev WRC-15) di Geneva, International Telecommunication Union-Radiocommunication (ITU-R) menyarankan penggunaan teknologi Long-Term Evolution (LTE) untuk Broadband PPDR karena LTE dinilai mempunyai cakupan dan kapasitas yang lebih baik serta layanan yang lebih andal, arsitektur lebih sederhana, latency rendah dan packet loss rendah yang penting untuk aplikasi real time, fitur dan kemampuan keamanan yang lebih baik, kualitas pelayanan dan prioritas serta dapat dipasang secara fleksibel dengan berbagai ukuran saluran/ bandwidth. Pada release 10, 3GPP mengeluarkan LTE-Advanced (LTE-A) sebagai penyempurnaan dari teknologi LTE sebelumnya. Teknologi ini dinilai lebih efektif dan efisien karena mampu memberikan cakupan sel yang lebih luas dan kualitas jaringan yang lebih baik. Selain itu, adanya fitur pada LTE-A yang dapat menggabungkan dua atau lebih frekuensi carrier membuat LTE-A menjadi lebih powerful. Tugas Akhir ini melakukan perencanaan jaringan PPDR berbasis Broadband LTE-Advanced menggunakan fitur Carrier Aggregation Inter-band Non-Contiguous pada frekuensi 400 MHz dan 800 MHz di wilayah Bandung. Pemilihan frekuensi berdasarkan aturan Kementerian Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia (KEMKOMINFO) tahun 2010 dan ITU-R M.2015-1 yang merekomendasikan frekuensi 400 MHz dan 800 MHz untuk alokasi frekuensi jaringan PPDR di region 3.

2. Dasar Teori

A. Public Protection and Disaster Relief (PPDR)

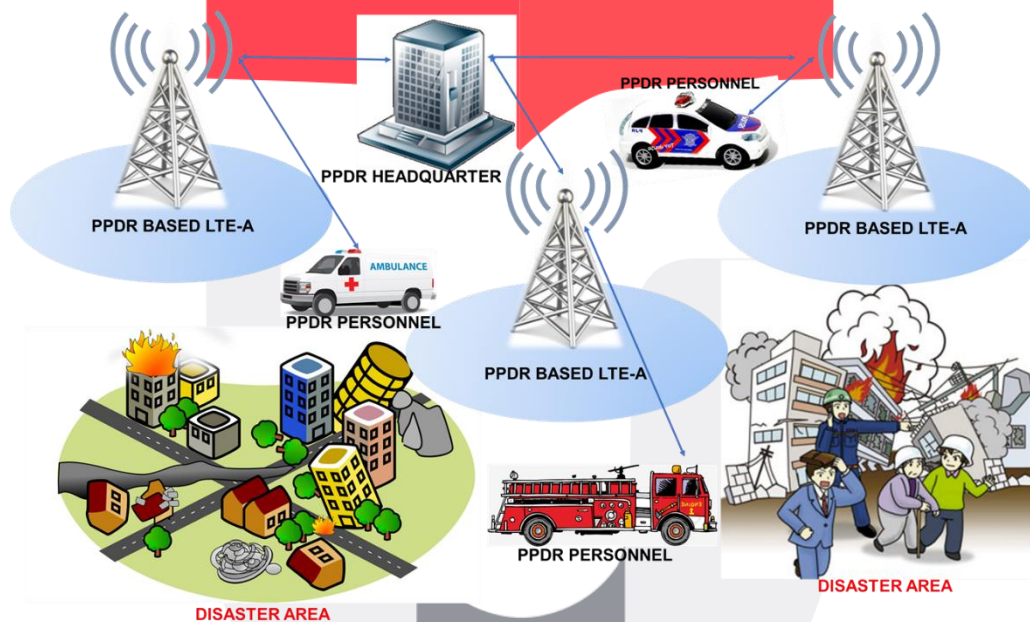
Bencana alam adalah suatu hal yang tidak bisa dihindari oleh manusia. Manusia hanya bisa memprediksi dan mengurangi dampak kerugian dari bencana alam. Selain itu, kejadian kriminalitas yang sering terjadi juga dapat diminimalisir dengan adanya suatu sistem komunikasi yang baik antar instansi yang berwenang. PPDR merupakan suatu sistem komunikasi perlindungan publik dan penanggulangan bencana yang menghubungkan beberapa instansi terkait untuk dapat saling berhubungan demi melindungi masyarakat maupun memudahkan proses evakuasi pada saat bencana. PPDR sangat dibutuhkan negara Indonesia mengingat Indonesia merupakan salah satu negara dengan penduduk terbanyak di dunia, dan secara geologis dan geografi, negara Indonesia dinobatkan sebagai negara yang rawan terjadi bencana [2].

ITU-R mendefinisikan PPDR menjadi dua terminologi yang berbeda berdasarkan fungsi komunikasi radio [4], yaitu :

- Radio komunikasi Public Protection (PP)

Komunikasi radio yang digunakan oleh instansi yang bertanggung jawab pada pemeliharaan hukum dan ketertiban, perlindungan jiwa dan harta benda, dan situasi darurat.
- Radio komunikasi Disaster Relief (DR)

Komunikasi radio yang digunakan oleh instansi yang menangani gangguan serius terhadap fungsi masyarakat, menimbulkan ancaman yang meluas bagi manusia, kesehatan, properti atau lingkungan, baik yang disebabkan oleh kecelakaan manusia ataupun bencana alam.



Gambar 2. Ilustrasi penerapan jaringan PPDR di Indonesia.

Jaringan PPDR merupakan jaringan yang digunakan pada situasi kritis dan mendesak. Oleh karena itu, PPDR dituntut untuk selalu handal dalam setiap kali penggunaannya. Asia-Pacific Telecommunity memberikan beberapa persyaratan yang harus dipenuhi jaringan PPDR [5], yaitu:

- Memiliki beberapa fitur : PPDR dituntut memiliki beberapa fitur yang powerful, hal tersebut dikarenakan kebutuhan personel saat di lokasi berbeda-beda sesuai kebutuhannya.
- Akses prioritas : Jaringan PPDR diharapkan memiliki kemampuan untuk mengatur lalu lintas penggunaannya berdasarkan skala prioritas selama frekuensi penggunaannya tinggi.
- Grade of Service : Layanan yang diberikan PPDR harus memerlukan waktu respon yang cepat. Sehingga pengguna PPDR dapat memberikan maupun mencari informasi dengan cepat akurat.
- Coverage and Capacity : Dari sisi cakupan, jaringan PPDR harus luas. Sesuai yang diinginkan, PPDR harus mampu menjangkau bagian-bagian yang mungkin sulit dijangkau seperti ruang bawah tanah, bangunan yang tinggi, dll. Hal tersebut sangat dibutuhkan personel PPDR dalam penggunaannya. Selain itu, jaringan PPDR juga harus memiliki kapasitas yang memadai untuk menangani lalu lintas selama kondisi operasional puncak.
- Reliability : Layanan yang diberikan platform PPDR harus handal dan stabil. Hal tersebut dikarenakan PPDR dituntut untuk memiliki layanan yang tangguh dan tingkat ketersediaan yang tinggi.
- Security : Komunikasi yang digunakan pada jaringan PPDR seharusnya hanya bisa diakses oleh instansi-instansi yang berwenang. Hal tersebut demi keamanan dan kerahasiaan.

- Cost Implications : Salah satu permasalahan penting yang dihadapi Jaringan PPDR yaitu terkait dengan biaya yang mahal. Karena operasi PPDR adalah layanan yang terus berkelanjutan.
- Electromagnetic compatibility (EMC) requirements : Sistem PPDR yang dibangun harus sesuai dengan aturan yang berlaku di wilayah/negara tersebut.

B. Long-Term Evolution (LTE)

Kebutuhan manusia akan informasi dan komunikasi terus meningkat dari waktu ke waktu. Sistem telekomunikasi seluler yang awalnya hanya dinikmati oleh segelintir orang kini seolah menjadi komoditas utama dalam kehidupan sehari-hari. Dalam sejarahnya, the first generation (1G) pertama kali diperkenalkan pada awal tahun 1980 dan merupakan sistem telekomunikasi yang menggunakan teknik komunikasi analog. Setelah itu, pada tahun 1990 diciptakan pengembangan dari teknologi 1G dengan istilah 2G atau yg kita kenal dengan Global system for Mobile Communications (GSM) yang merupakan sistem teknologi digital pertama yang mampu memberikan layanan suara dan layanan pesan singkat. Kemudian disusul oleh teknologi 3G yang diberi nama Universal Mobile Telecommunication System (UMTS) dan teknologi 3.5G yang diberi nama High-Speed Downlink Packet Access (HSDPA) [6].

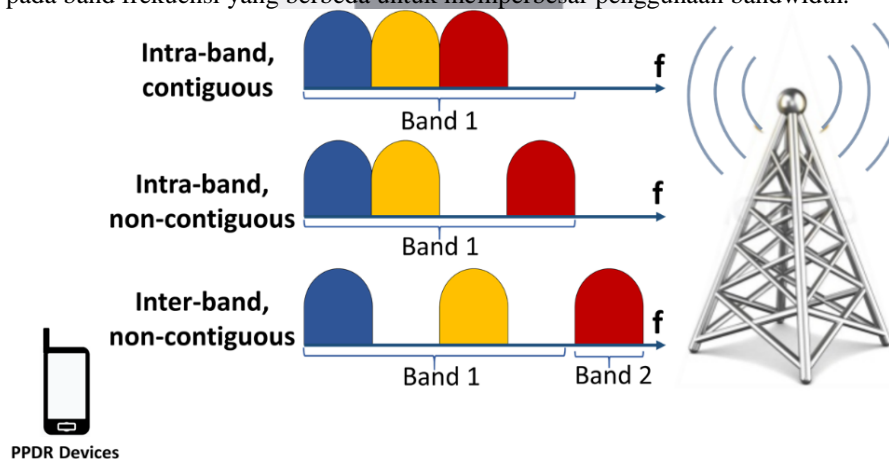
Long-Term Evolution yaitu sebuah nama yang diberikan pada sebuah project 3GPP pada release 8 untuk memperbaiki standar mobile phone generasi ke-3 UMTS (3G) dan HSDPA (3.5G). Pada UMTS kecepatan transfer data maksimum adalah 2 Mbps, serta pada HSDPA kecepatan transfer data mencapai 14 Mbps pada sisi downlink dan 5,6 Mbps pada sisi uplink, pada LTE ini kemampuan dalam memberikan kecepatan dalam hal transfer data dapat mencapai 100 Mbps pada sisi downlink dan 50 Mbps pada sisi uplink. Selain itu LTE juga mampu mendukung semua aplikasi yang ada baik voice, data, video, maupun IPTV. Selain itu, kelebihan dari LTE terhadap teknologi sebelumnya selain dari kecepatannya dalam transfer data tetapi juga karena LTE dapat memberikan cakupan dan kapasitas dan layanan yang lebih besar, mengurangi biaya operasional, mampu melakukan penggunaan multi-ple-antena, fleksibel dalam penggunaan bandwidth operasinya dan juga dapat terhubung atau terintegrasi dengan teknologi yang sudah ada [7].

C. LTE-Advanced

Long-Term Evolution-Advanced (LTE-A) diperkenalkan oleh 3GPP pada re-release 10 sebagai jawaban dari kebutuhan layanan broadband seluler dengan kecepatan data tinggi. LTE-A menyempurnakan kekurangan-kekurangan yang ada pada LTE di release 8 dan release 9. Dalam pengujiannya, LTE-Advanced mampu memberikan kecepatan data puncak hingga 1000 Mbps pada sisi downlink dan 500 Mbps pada sisi uplink dengan bandwidth total 100 MHz. Selain itu, LTE-A juga memiliki kecepatan data yang lebih tinggi, penggunaan spektrum yang lebih efisien, penambahan sel simpel yang lebih sederhana, peningkatan coverage, multisel transmisi, dan dalam operasinya sudah disederhanakan. Hal tersebut dikarenakan LTE-A mencakup semua fitur dan keunggulan yang dimiliki oleh LTE dan ditambah beberapa fitur baru.

D. Carrier Aggregation

Berdasarkan spesifikasi IMT-Advanced yang dikeluarkan ITU, perlu peak data rate sebesar 1000 Mbps pada sisi downlink dan 500 Mbps pada sisi uplink untuk dapat memenuhi standar LTE-A. Agar mencapai kecepatan data maksimal pada LTE-A, dibutuhkan bandwidth sebesar 100 MHz, padahal akan sangat sulit untuk menerapkan bandwidth sebesar itu. Oleh karena itu, hadirnya Carrier Aggregation menjadi solusi untuk memenuhi standarisasi LTE-A yang dikeluarkan ITU. Carrier Aggregation adalah salah satu fitur andalan pada LTE-A yang mampu menggabungkan dua atau lebih frekuensi carrier (Component Carrier) bersamaan baik pada band frekuensi yang sama maupun pada band frekuensi yang berbeda untuk memperbesar penggunaan bandwidth.



Gambar 4. Teknik pada Carrier Aggregation

Tujuan dari memperbesar penggunaan band-width adalah untuk mendapatkan peak data rate seperti yang diinginkan. Secara umum, ada tiga jenis teknik penggunaan Carrier Aggregation berdasarkan penggunaan spektrum frekuensi, yaitu Intra-band contiguous, Intra-band Non-contiguous, dan Inter-band Non-contiguous yang di-ilustrasikan pada Gambar 4.

E. Perancangan Jaringan PPDR

Dalam merancang jaringan PPDR, terdapat dua aspek utama yang harus diperhatikan, yakni capacity dan coverage. Capacity Planning merupakan langkah perencanaan yang mempertimbangkan jumlah per-sonel PPDR di suatu wilayah, sedangkan Coverage Planning merupakan langkah perencanaan yang bertujuan untuk memaksimalkan jangkauan atau luas cakupan jaringan.

Coverage Planning adalah metode perencanaan jaringan yang bertujuan untuk memaksimalkan cakupan jaringan agar seluruh area yang direncanakan dapat ter-cakupi. Coverage Planning mempertimbangkan model propagasi, spesifikasi alat, daya pancar, pathloss, dan redaman yang ada pada sepanjang lintasan yang dilalui gelombang antara eNodeB dan User Equipment (UE). Langkah-langkah dalam melakukan Coverage Planning adalah

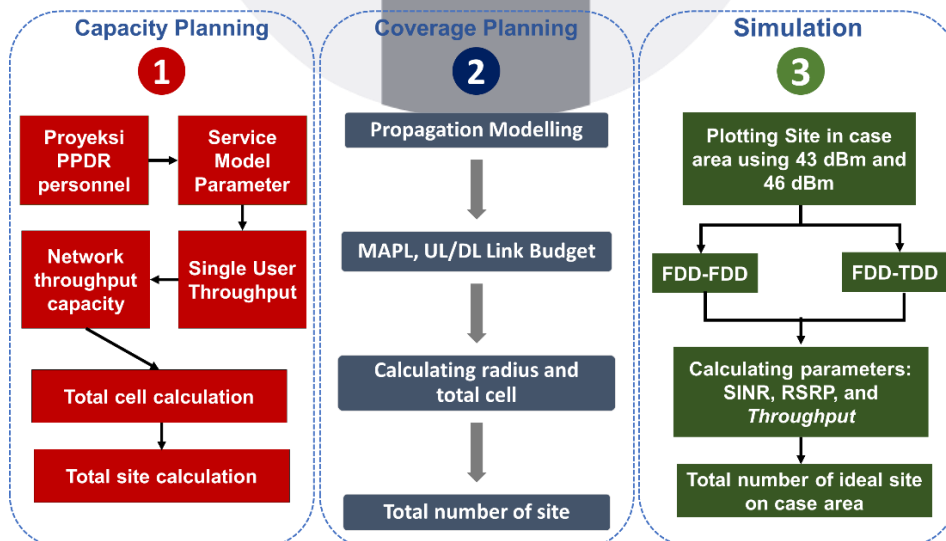
- Perhitungan Link budget Uplink dan Downlink
- Pemilihan model propagasi Perhitungan radius site
- Perhitungan Jumlah site

Perhitungan link budget bertujuan untuk mengetahui perkiraan nilai maksimum dari pelemahan sinyal yang masih ditoleransi antara eNodeB dengan UE atau biasa disebut Maximum Allowed Pathloss (MAPL). Oleh karena itu, perhitungan Link budget dilakukan pada dua sisi, yaitu Uplink dan Downlink. Power link budget uplink dan downlink akan menghasilkan nilai pathloss maksimum yang dapat ditoleransi (MAPL). Selanjutnya adalah menentukan model propagasi yang sesuai dengan band frekuensi yang digunakan pada perancangan.

3. METODE PERANCANGAN JARINGAN PPDR

A. Tahapan Perencanaan Jaringan PPDR

Tugas Akhir ini melakukan perencanaan jaringan dalam beberapa tahapan. Tahapan paling awal adalah pengumpulan data dan informasi. Data yang dikumpulkan adalah kondisi existing yang ada di daerah kota Bandung dan kabupaten Bandung. Tujuan dari tahap ini adalah untuk mengetahui jumlah personil yang dibutuhkan di setiap wilayah. Jumlah penduduk yang ada akan disesuaikan dengan personil PPDR yang dibutuhkan dengan perbandingan tertentu. Tahap kedua yaitu melakukan perencanaan jaringan dengan berdasarkan coverage planning dan capacity planning yang akan menghasilkan jumlah sel yang dibutuhkan dengan cara menghitung parameter-parameter yang dibutuhkan. Pada coverage planning dibutuhkan data nilai Link Budget, model propagasi, dan radius tiap sel. Sedangkan pada capacity planning dibutuhkan nilai network throughput yang didapatkan dari perhitungan throughput per session, Single user throughput, serta nilai uplink dan downlink throughput untuk mengetahui jumlah site yang dibutuhkan. Kemudian tahap ketiga yaitu melakukan simulasi dengan software perencanaan jaringan Atoll. Dengan menggunakan data yang telah didapatkan dari perhitungan coverage planning dan capacity planning simulasi Atoll akan menghasilkan nilai Signal to Interference Noise Ratio (SINR), Reference Signal Receive Power (RSRP), Throughput dan User connected. Setelah melakukan simulasi pada software Atoll dari beberapa skenario yang di-lakukan, tahap keempat adalah melakukan analisis dari hasil simulasi pada skenario yang telah ditentukan kemudian menentukan skenario yang paling tepat dan ideal untuk diimplementasikan.



Gambar 5. Diagram alir perencanaan jaringan

4. ANALISIS SIMULASI PERENCANAAN JARINGAN PPDR

Analisis Network Planning

Pada perencanaan jaringan PPDR LTE-Advanced ini, tahapan selanjutnya setelah melakukan perhitungan *planning by capacity* dan *planning by coverage* adalah dengan melakukan simulasi menggunakan software Atoll. Tujuan dari melakukan simulasi adalah agar dapat diketahui performansi atau kualitas dari jaringan PPDR tersebut. Pada penelitian ini akan dilakukan 3 skenario. Dimana skenario pertama dilakukan simulasi perencanaan jaringan PPDR dengan konfigurasi *carrier aggregation* menggunakan teknik FDD-FDD untuk frekuensi 400 MHz dengan bandwidth 5 MHz dan frekuensi 800 MHz dengan bandwidth 15 MHz, skenario kedua yaitu konfigurasi *carrier aggregation* menggunakan teknik FDD-TDD pada frekuensi dan lebar bandwidth yang sama dengan skenario pertama dan skenario ketiga yaitu perencanaan dilakukan pada frekuensi 400 MHz tanpa *carrier aggregation*. Kemudian dari ketiga skenario tersebut dibuat masing-masing simulasi dengan *power transmitter* 43 dBm dan 46 dBm.

Tujuan dari perhitungan *planning by capacity* adalah untuk mengetahui jumlah site yang dibutuhkan suatu wilayah berdasarkan kebutuhan trafik dan jumlah pengguna jaringan. Selain itu, morfologi daerah dan lebar bandwidth yang digunakan juga mempengaruhi perhitungan *planning by capacity*. Pada Tugas Akhir ini, layanan LTE yang digunakan diambil dari data-data Huawei dan disesuaikan dengan layanan khusus yang dibutuhkan oleh personel PPDR. Sebagai bentuk penerapan dari fitur *carrier aggregation*, *cell average throughput* yang dihasilkan oleh frekuensi band 31 dan band 20 dijumlahkan. Sehingga dapat mempengaruhi kapasitas site dan mengurangi jumlah site yang dibutuhkan. Hasil perhitungan jumlah site pada skenario FDD-FDD, FDD-TDD dan Non-CA dapat kita lihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Kebutuhan site berdasarkan *planning by capacity*

	FDD-FDD		FDD-TDD		Non-CA	
	Uplink	Downlink	Uplink	Downlink	Uplink	Downlink
Jumlah Site	5	15	5	15	9	29

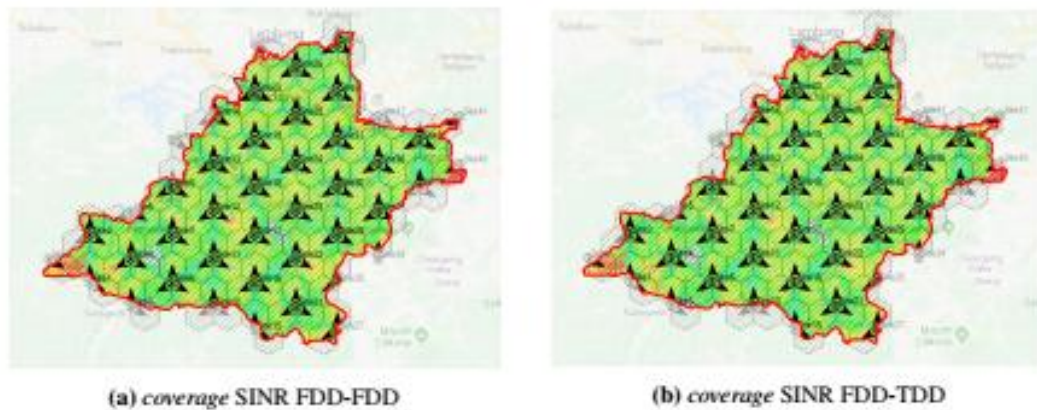
Berdasarkan skenario CAD2, *planning by coverage* hanya dilakukan pada component carrier 1, sedangkan component carrier 2 mengikuti radius site dari component carrier 1. Hal tersebut dikarenakan component carrier 1 menggunakan frekuensi yang lebih rendah dari component carrier 2 sehingga memiliki coverage yang lebih luas. Pada penelitian ini component carrier 1 ada pada frekuensi band 31. Hasil perhitungan jumlah site pada skenario FDD-FDD dan FDD-TDD dapat dilihat pada Tabel 5

Tabel 4.2 Kebutuhan site berdasarkan *planning by coverage*

Site Calculation						
Skenario	FDD-FDD		FDD-TDD		Non-CA	
<i>Power Transmitter</i>	43 dBm	46 dBm	43 dBm	46 dBm	43 dBm	46 dBm
Jumlah Site	47	32	47	32	47	32
Jumlah site di Atoll	43	31	43	31	43	31

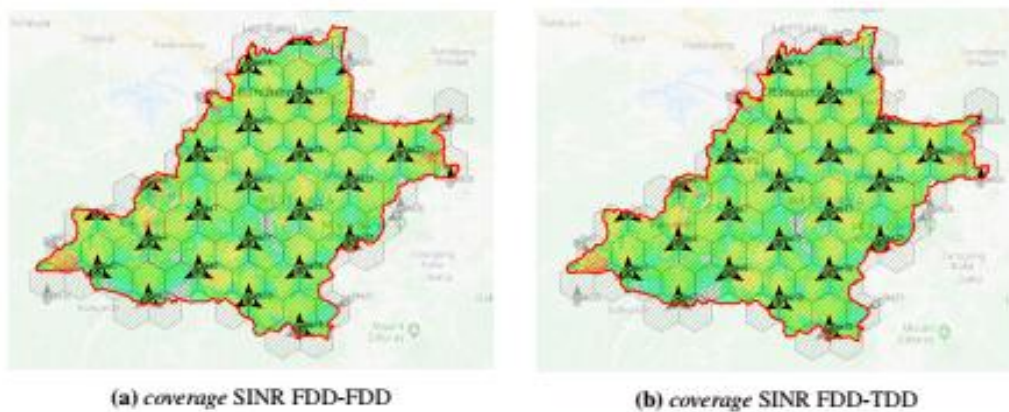
A. *Signal to Interference Noise Ratio (SINR)*

Pada penelitian ini digunakan software Atoll 3.2.1 dengan cakupan wilayah Bandung. Simulasi akan dilakukan dengan 3 skenario dimana skenario A: Perancangan akan dilakukan menggunakan duplexing FDD-FDD, skenario B: Perancangan akan dilakukan menggunakan duplexing FDD-TDD, dan C : Perencanaan akan dilakukan pada frekuensi 400 MHz tanpa menggunakan CA. Kemudian dari masing-masing skenario dibuatkan lagi skenario berdasarkan daya transmitter 43 dBm dan 46 dBm. Adapun parameter yang akan di analisis adalah jumlah site, RSRP, SINR, dan Throughput. SINR merupakan perbandingan antara sinyal power yang diterima terhadap interferensi dan noise yang ada didalam sinyal tersebut. Nilai SINR diukur dari sisi downlink untuk menunjukkan kualitas sinyal yang diterima oleh perangkat personel PPDR dibandingkan dengan interferensi yang ada disekitar sel-sel. Dalam simulasi parameter SINR akan dilakukan dalam 2 skema, yaitu dengan power transmitter 43 dBm dan 46 dBm, tujuannya adalah sebagai pembandingan dalam menganalisis skenario akhir FDD-FDD dan FDD-TDD.



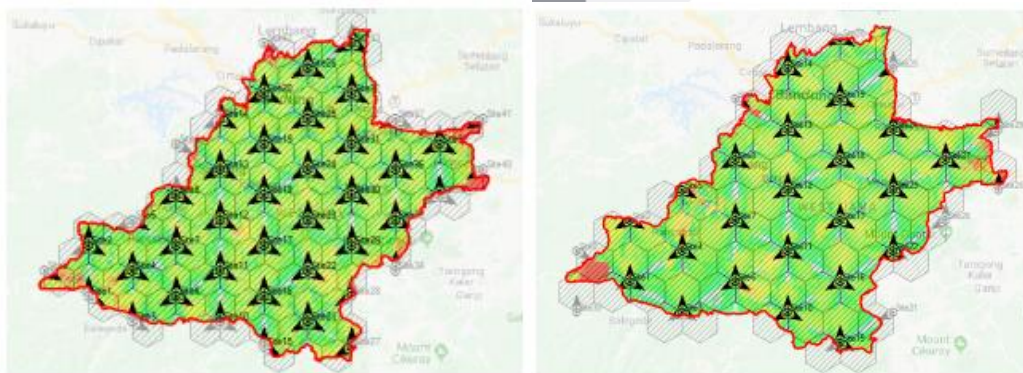
Gambar 4.1 Hasil Simulasi SINR 43 dBm

Pada **Gambar 4.1** dapat dilihat bahwa hasil simulasi SINR pada skenario A dan B memberikan hasil yang sama, hal tersebut dikarenakan power transmitter yang digunakan kedua skenario sama-sama 43 dBm sehingga jumlah site yang dibutuhkan oleh skenario A dan B sama yaitu 43 site. Skenario A FDD-FDD dan skenario B FDD-TDD menghasilkan rata-rata 10,58 dB



Gambar 4.2 Hasil Simulasi SINR 46 dBm

Gambar 4.2 merupakan hasil simulasi SINR pada skenario A dan B dengan power transmitter 46 dBm. Kedua skenario membutuhkan jumlah site yang sama yaitu 31 site. Skenario A dan B menghasilkan rata-rata SINR 9,33 dB. Berdasarkan hasil simulasi tersebut dapat dianalisa bahwa semakin kecil power transmitter yang digunakan menyebabkan kebutuhan site yang lebih banyak, namun menghasilkan nilai SINR yang lebih baik dikarenakan daya pancar yang lebih terbatas sehingga interferensi dan noise yang terjadi antar sel lebih sedikit. Pada tabel 4.3 dapat dilihat bahwa baik skenario A dan skenario B mendapatkan hasil yang berada didalam range yang ditentukan oleh operator Telkomsel.



Gambar 4.2 Hasil Simulasi SINR Non-CA 43 dBm dan 46 dBm

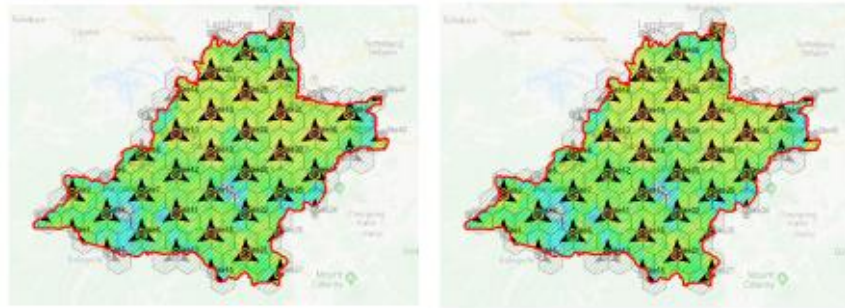
Gambar 4.2 merupakan hasil simulasi SINR pada skenario C dengan menggunakan *power transmitter* 43 dBm dan 46 dBm. Pada skema 43 dBm hasil SINR nya adalah 11,51 dB sedangkan pada 46 dBm hasil SINR nya adalah 10,14 dB.

Tabel 4.4 Hasil Simulasi SINR

	FDD-FDD	FDD-TDD	Non-CA
43 dBm	10,58 dB	10,58 dB	11,51 dB
46 dBm	9,33 dB	9,33 dB	10,48 dB

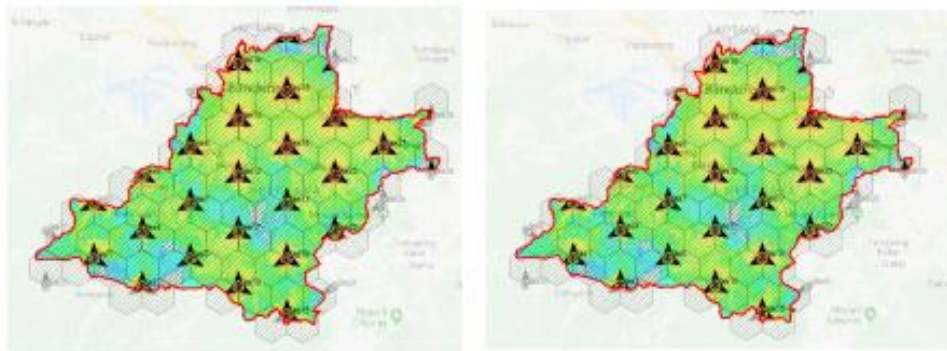
B. Prediksi Referenced Signal Receive Power (RSRP)

RSRP merupakan parameter yang memberikan informasi kepada UE rata-rata sinyal yang diterima pada tiap sel. Semakin jauh jarak site dengan perangkat PPDR maka akan semakin kecil nilai RSRP-nya.



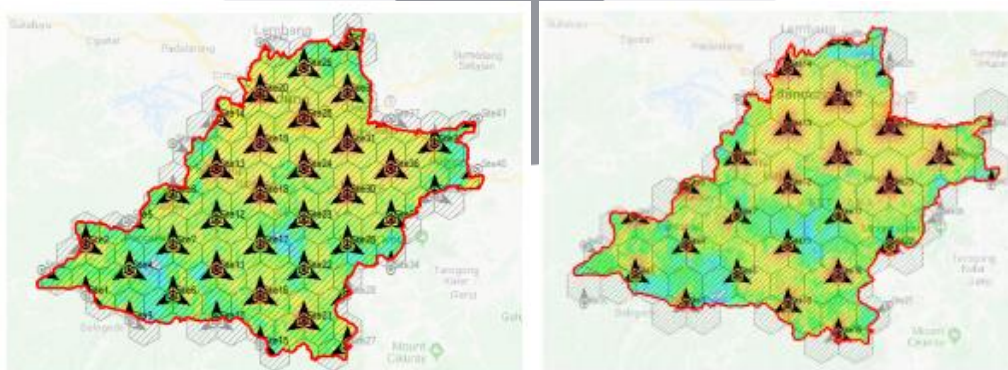
(a) Hasil simulasi RSRP FDD-FDD (b) Hasil simulasi RSRP FDD-TDD

Gambar 4.3 Hasil Simulasi RSRP 43 dBm



(a) Hasil simulasi RSRP FDD-FDD (b) Hasil simulasi RSRP FDD-TDD

Gambar 4.3 Hasil Simulasi RSRP 46 dBm



Gambar 4.3 Hasil Simulasi RSRP Non-CA 43 dan 46 dBm

Seperti yang bisa dilihat dari kedua skenario tersebut masih terdapat titik bad spot akibat dari morfologi wilayah Bandung yang terbilang sangat beragam. Bagian bad spot tersebut merupakan daerah dataran tinggi sehingga sinyal tidak dapat terdistribusi dengan baik. Dapat dilihat bahwa pada skenario A dan B memberikan hasil yang sama pada *power transmitter* 43 dBm yaitu -84,42 dBm. Sedangkan pada *power transmitter* 46 dBm, kedua skenario menghasilkan nilai RSRP -85,44 dBm. Pada skenario C, skema 43 dBm menghasilkan -78,18 dBm dan untuk skema 46 dBm menghasilkan nilai RSRP -77,43 dBm. Berdasarkan 3GPP 36.133 specifications, range

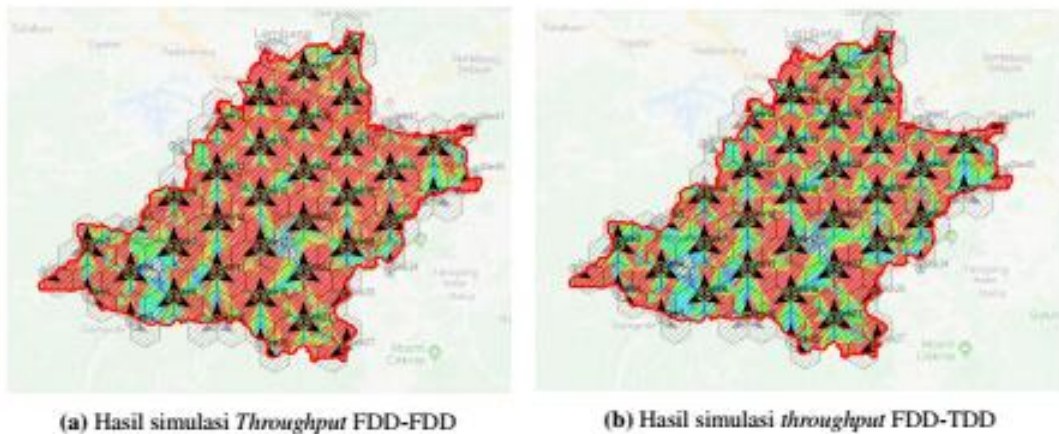
RSRP yang ditentukan ada pada -44 ~ -140 dBm. Pada tabel 4.4 dapat dilihat bahwa baik skenario A dan skenario B mendapatkan hasil yang berada didalam range yang ditentukan oleh 3GPP.

Tabel 4.4 Hasil Simulasi RSRP

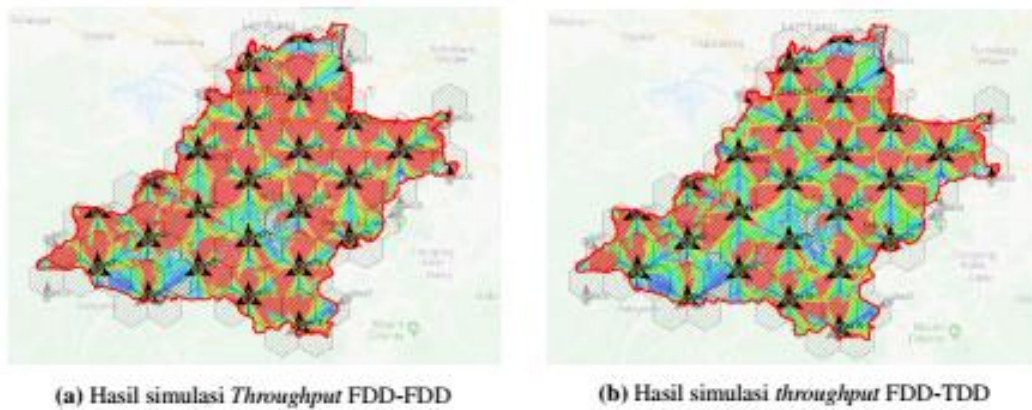
	FDD-FDD	FDD-TDD	Non-CA
43 dBm	-84,42 dBm	-84,42 dBm	-78,18 dBm
46 dBm	-85,4 dBm	-85,4 dBm	-77,43 dBm

C. *Prediksi nilai User Throughput*

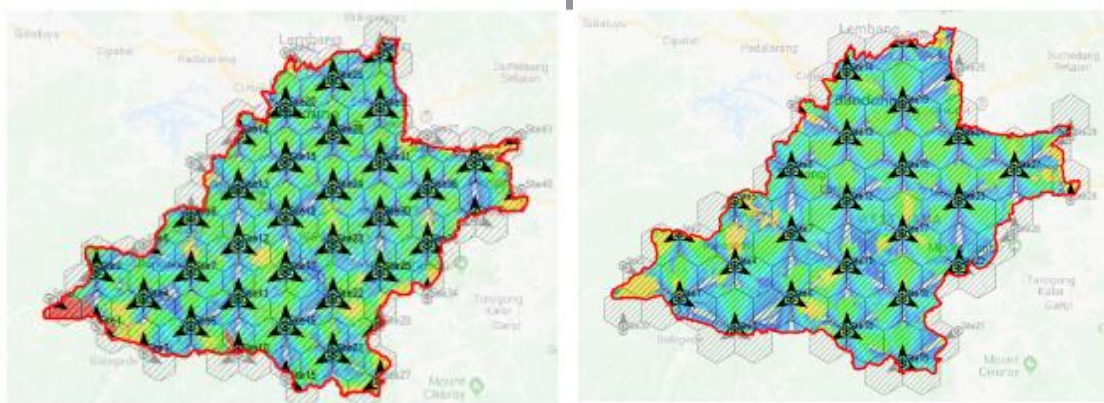
Nilai User Throughput merupakan ukuran besarnya peak data rate yang dapat digunakan oleh tiap user untuk mengirimkan data. Pada bagian ini dilakukan simulasi throughput untuk skenario FDD-FDD dan skenario FDD-TDD dengan skema 43 dBm dan 46 dBm.



Gambar 4.3 Hasil Simulasi *Throughput* 43 dBm



Gambar 4.3 Hasil Simulasi *Throughput* 46 dBm



Gambar 4.3 Hasil Simulasi *Throughput* Non-CA 43 dBm dan 46 dBm

Berdasarkan **Gambar 4.4** pada simulasi throughput terdapat perbedaan coverage dari skenario A dan B. Dapat dilihat bahwa dari sisi coverage skenario A lebih baik dari skenario B. Seperti yang bisa dilihat, hasil skenario A mendapatkan nilai throughput rata-rata 70,11 Mbps yang mana hasil tersebut lebih baik dari skenario B yang menghasilkan nilai throughput 50,29 Mbps. Dengan power transmitter 46 dBm, dapat dilihat bahwa skenario A lebih baik dari skenario B dari sisi *peak data rate*. Hasil simulasi nilai throughput skenario A yang mendapatkan rata-rata 62,6 Mbps lebih baik dari skenario B yang mendapatkan hasil throughput 45,46 Mbps. Sedangkan skenario C memberikan hasil yang paling buruk yaitu 21,24 Mbps pada skema 43 dBm dan 17,61 Mbps pada skema 46 dBm.

Tabel 4.5 Hasil simulasi *Throughput*

	FDD-FDD	FDD-TDD	Non-CA
43 dBm	70,11 Mbps	50,29 Mbps	21,24 Mbps
46 dBm	62,66 Mbps	45,461 Mbps	17,61 Mbps

Berdasarkan standar KPI parameter throughput operator telkomsel dimana throughput dikatakan sangat baik ketika throughput lebih dari 12 Mbps. Seperti yang bias dilihat pada tabel 4.5, hasil throughput baik di skenario A maupun skenario B bias dikatakan memenuhi standar agar dapat memberikan layanan yang optimal kepada personel PPDR. Salah satu faktor yang mempengaruhi nilai throughput adalah lebar bandwidth. Semakin besar bandwidth yang digunakan akan semakin tinggi nilai throughput yang dihasilkan.

5. Kesimpulan

Jurnal ini melakukan studi terhadap perancangan jaringan PPDR. Berdasarkan perancangan yang dilakukan, kebutuhan site keseluruhan dipengaruhi oleh power transmitter yang digunakan. Dalam penelitian ini dibutuhkan 43 site ketika power transmitter yang digunakan adalah 43 dBm, dan kebutuhan site berubah menjadi 31 site ketika power transmitter yang digunakan adalah 46 dBm. Skenario FDD-FDD dan FDD-TDD membutuhkan jumlah site yang sama tergantung dari power transmitter yang digunakan. Nilai hasil rata-rata parameter pengujian SINR pada skenario FDD-FDD maupun FDD-TDD memberikan hasil yang sama. Namun kedua skenario telah memenuhi standar KPI yang ditentukan oleh perator telkomsel yaitu $SINR \geq 5$ dB. Hasil prediksi simulasi RSRP hasil RSRP dari skenario FDD-TDD menunjukkan hasil yang sama dengan skenario FDD-FDD. Jika dilihat dari sisi power transmitter yang digunakan, skema power transmitter 43 dBm menghasilkan nilai RSRP yang lebih baik, hal tersebut dikarenakan jumlah site yang digunakan skema 43 dBm lebih banyak yaitu 43 site berdasarkan Atoll dan 47 berdasarkan perhitungan manual.. Namun kedua skenario sudah menunjukkan hasil yang baik karena masih berada dalam rentang -44 -140. Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan, skenario yang terbaik untuk digunakan adalah skenario A, dengan pertimbangan skenario A mampu untuk memenuhi kebutuhan dari sisi *uplink* maupun *downlink*. Selain itu, penggunaan fitur carrier aggregation dan pemilihan mode duplexing FDD mampu bekerja secara optimal, mengingat banyaknya layanan yang dibutuhkan oleh personel PPDR bersifat *real-time* sehingga penggunaan mode *duplexing* FDD sangat tepat untuk dipilih

Daftar Pustaka

- [1] D. o. E. United Nations and S. Affairs, "Countries in the world by population (2019)," , 2019.
- [2] D. I. B. Indonesia", "Bencana menurut jenisnya di indonesia tahun 2008 s/d 2018," , 2018.
- [3] —, "Grafik bencana 10 tahun terakhir di jawa barat," , 2018.
- [4] ITU-R, "Radiocommunication objectives and requirements for public protec-tion and disaster relief," 2003.
- [5] A.-P. TELECOMMUNITY, "Apt report on technical requirements for mission critical broadband ppdr communications," in , 2013.
- [6] C. Cox, An Introduction to LTE: LTE, LTE-Advanced, SAE, VoLTE and 4G Mobile Communications, 2nd ed. Wiley, 2014.
- [7] E. Dahlman, S. Parkvall, and J. Skold, 4G: LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband, 1st ed. Orlando, FL, USA: Academic Press, Inc., 2011.