

## Analisa Kinerja pada Perencanaan TD-LTE *ADVANCED* Studi Kasus Kota Bandung

Hastruman\*, Arfianto Fahmi, Uke Kurniawan Usman

Jurusan S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

\*email : purusadihastruman97@gmail.com

### Abstract

*In LTE Advanced technology there are two methods used in the duplexing process, there are frequency division duplex (FDD) wherein this duplexing concept communication is divided based on the frequency and the other is time division duplex (TDD) where communication is divided based on the time. Duplexing using the TDD method has advantages of handling data-based services that the majority have Non-Guarantee Bit Rate (N-GBR) characteristics because most of these services do not require a minimum bit rate to be able to work and this is an advantages because nowadays people like to use data-based services. So in this LTE Advanced network planning using the TDD method, frequency 2300 MHz for TD-LTE advanced, and parameters that to be the main focus are throughputs, reference signal received power (RSRP), reference signal strength indicator (RSSI), carrier to interference noise ratio (CINR), and block error rate (BLER). And the result of the simulations from TD-LTE Advanced planning are the mean of throughput value is 3,5 Mbps, mean of RSRP value is -110,8 dBm, mean of RSSI value is -72,36 dBm, mean of CINR value is 4,81 dB, and mean of BLER value is 0,07%. Thus the use of time division duplexing method is not suitable to be implemented due to the fairly low value of the average throughput obtained.*

*Keywords — Duplexing, TDD, TD-LTE Advanced*

### 1. Pendahuluan

Teknologi LTE *Advanced* memiliki dua metode *duplexing* di antaranya *frequency division duplex* (FDD) dan *time division duplex* (TDD) [1]. Pada saat ini mayoritas penyedia layanan menggunakan metode *duplexing* FDD, metode *duplexing* FDD membutuhkan sepasang frekuensi identik dalam proses komunikasinya, hal ini disebabkan karena komunikasi *uplink* dan komunikasi *downlink* dilakukan dalam frekuensi yang berbeda. Sementara metode *duplexing* TDD hanya membutuhkan sebuah kanal frekuensi untuk melakukan proses komunikasi, hal ini disebabkan karena metode *duplexing* TDD membagi komunikasi *uplink* dan komunikasi *downlink* berdasarkan alokasi waktu yang telah ditentukan [2].

Sehingga penerapan metode *duplexing* TDD dapat melakukan efisiensi dalam penggunaan spektrum frekuensi karena tidak diperlukannya frekuensi yang berpasangan (*paired frequency*), disamping itu dengan sifatnya yang asimetris operator dapat lebih leluasa dalam melakukan penyeimbangan beban trafik [3]. Walau demikian penerapan metode *duplexing* TDD memiliki kelemahan, yaitu dengan terdapatnya *guard period* metode *duplexing* TDD memiliki nilai *delay* yang lebih besar sehingga metode *duplexing* TDD lebih cocok untuk menangani layanan berbasis data. Hal ini dikarenakan layanan berbasis data mayoritas bersifat *Non-Guarantee Bit Rate* (N-GBR) karena layanan ini tidak membutuhkan *bit rate* minimum untuk dapat bekerja serta melakukan efisiensi frekuensi.

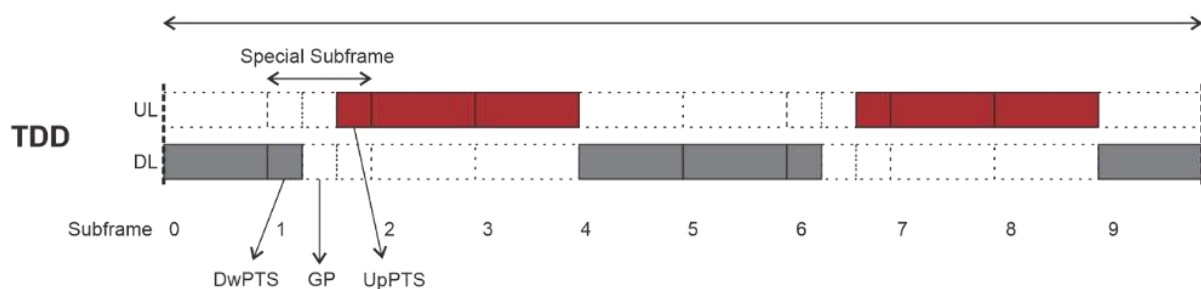
Pada simulasi ini dilakukan penerapan metode *duplexing* menggunakan TDD pada dua buah frekuensi yang berdekatan yakni dengan *bandwidth* sebesar 20 MHz yang terletak pada frekuensi 2360-2380 MHz dan *bandwidth* 10 MHz yang terletak pada frekuensi 2380-2390 MHz dengan area studi kasus Kota Bandung.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Konsep *Time Division Duplexing* (TDD)

*Time division duplex* atau TDD merupakan salah satu metode *duplexing* yang terdapat pada teknologi LTE dimana pada metode *duplexing* ini komunikasi dibagi berdasarkan alokasi waktu yang telah ditentukan.

Konsep *duplexing* dengan metode TDD menggunakan frekuensi tunggal yang artinya proses *uplink* dan *downlink* dilakukan dalam frekuensi yang sama tetapi dipisahkan berdasarkan waktu [4]. Keuntungan penggunaan *duplexing* menggunakan metode TDD adalah transmisi data antara *downlink* dan *uplink* tidak simetris sehingga operator dapat mengalokasikan trafik sesuai kebutuhan. Hal ini sejalan dengan perkembangan layanan saat ini, dimana penggunaan komunikasi bergerak berkembang dalam hal layanan data dan teknologi LTE sudah mengimplementasikan konsep *all-ip* sehingga pengiriman data tetap akan berjalan dengan menggunakan metode FDD maupun TDD.



Gambar 1. Skema *Time Division Duplexing* [5]

Pada skema TDD yang ditunjukkan oleh Gambar 1 *subframe* dialokasikan untuk *downlink transmission*, *uplink transmission*, dan juga dialokasikan untuk *special subframe* yang berguna untuk *trigger* dari *downlink transmission* menuju *uplink transmission*. *Special subframe* tidak dibutuhkan saat peralihan dari *uplink transmission* menuju *downlink transmission* dikarenakan eNodeB menjadi entitas *transmitting* utama yang memiliki kemampuan untuk *switch* dari Rx-Tx tanpa terjadinya *delay*.

### 2.2 *Coverage Dimensioning*

Pendekatan dalam hal *coverage* dibutuhkan untuk mengetahui jumlah perangkat yang dibutuhkan untuk menjangkau cakupan wilayah, dalam proses ini dilakukan kalkulasi terhadap nilai *path loss* serta pemilihan model propagasi yang digunakan berdasarkan kriteria area studi kasus. Tingkat keakuratan perhitungan salah satunya dipengaruhi dengan pemilihan permodelan propagasi, karena dengan model propagasi kita dapat memprediksi *signal propagation behavior*.

#### a. Kalkulasi *Maximum Allowable Path Loss* (MAPL)

Pada bagian ini dilakukan kalkulasi terhadap nilai dari *maximum allowable path loss* (MAPL), kalkulasi ini berguna untuk menentukan *loss* maksimal yang diperbolehkan saat sinyal dipropagasikan dari *transmitter* (TX) hingga diterima disisi *receiver* (RX) [6]. Tabel 1 merupakan tabel yang digunakan dalam melakukan estimasi terhadap nilai MAPL.

Tabel 1. Tabel MAPL

| <i>Maximum Allowable Pathloss</i>         |             |  |
|---|-------------|--|
| <b>Tx</b>                                 | <b>Unit</b> | <b>Formula</b>                         |
| Max Total Tx Power                        | dBm         | $a$                                    |
| Number of Resource Block                  |             | $c$                                    |
| Subcarrier to Distributed Power           |             | $d = c \times 12$                      |
| Subcarrier Power                          | dBm         | $e = a - (10 \times \log d)$           |
| Tx Antenna Gain                           | dB          | $g$                                    |
| Tx Cable Loss                             | dB          | $h$                                    |
| EIRP                                      | dBm         | $j = e + g - h$                        |
| <b>Rx</b>                                 | <b>Unit</b> | <b>Formula</b>                         |
| SINR                                      | dB          | $k$                                    |
| Rx Noise Figure                           | dB          | $l$                                    |
| Thermal Noise                             | dBm         | $P = K \times T \times BW \times 1000$ |
| Rx Sensitivity                            | dBm         | $m = k + l - 174 + (10 \times \log P)$ |
| Rx Body Loss                              | dB          | $p$                                    |
| Interference Margin                       | dB          | $q$                                    |
| Min Signal Reception Strength             | dBm         | $r = m + p + q$                        |
| <b>Path Loss dan Shadow Fading Margin</b> | <b>Unit</b> | <b>Formula</b>                         |
| Penetration Loss                          | dB          | $s$                                    |
| Shadow Fading Margin                      | dB          | $t$                                    |
| Path Loss dan Shadow Fading Margin        | dB          | $u = j - r - s - t$                    |

b. Model Propagasi COST 231 - Hatta

COST sebuah forum Uni Eropa yang bergerak dibidang penelitian ilmiah . COST 231 - Hatta merupakan sebuah model propagasi yang merupakan perluasan dari model propagasi Hatta serta model propagasi Okumura yang bertujuan untuk meningkatkan rentang frekuensi [7]. Model propagasi COST 231 – Hatta untuk urban memiliki persamaan sebagai berikut [8]:

$$Lu = 46.3 + 33,9 \log f(\text{MHz}) - 13,82 \log Hb + (44.9 - 6,55 \log Hb) \log d \quad (1)$$

$$a(Hr) = (1,1 \log f - 0,7)Hr - (1,56 \log f - 0,8) \quad (2)$$

$$Total = Lu - a(Hr) \quad (3)$$

Persamaan (1) merupakan persamaan yang digunakan menentukan nilai jarak  $d$  dari *base station* (BS) ke *user equipment* akibat pengaruh dari nilai *path loss*  $L_u$ .

c. Kalkulasi Coverage Site

Kalkulasi nilai *coverage* suatu *site* bertujuan untuk mengestimasi luas maksimum yang dapat dicakup oleh satu *site*. Persamaan yang dapat digunakan untuk menentukan *coverage site* dengan 3 sektor adalah sebagai berikut:

$$Area = \frac{9}{8} \sqrt{3} R^2 \quad (4)$$

### 2.3 Capacity Dimensioning

Pendekatan dalam hal *capacity* dibutuhkan untuk mengetahui kemampuan jaringan dalam menyediakan layanan kepada pengguna dengan kualitas yang memenuhi standar. *Capacity dimensioning* terdiri atas dua prosedur utama, yaitu *single site throughput* dan *total network throughput*.

Prosedur yang digunakan dalam melakukan estimasi terhadap nilai *single site throughput* diantaranya:

#### a. Kalkulasi Nilai *Cell Capacity*

Nilai *cell capacity* berguna untuk mengestimasi kapasitas dari tiap sel. Persamaan yang dapat digunakan adalah:

$$\text{Cell Capacity}_{(DL)} + \text{CRC} = (168 - 36 - 12) \times \text{codebits} \times \text{coderate} \times N \times C \times 1000 \quad (5)$$

$$\text{Cell Capacity}_{(UL)} + \text{CRC} = (168 - 24) \times \text{codebits} \times \text{coderate} \times N \times C \times 1000 \quad (6)$$

#### b. Kalkulasi Nilai *Capacity per Site*

Nilai *capacity per site* dibutuhkan untuk mengestimasi kapasitas dari tiap *site*. Persamaan yang dapat digunakan adalah:

$$\text{Site Capacity} = \text{Cell Average Throughput}_{(DL,UL)} \times 3 \quad (7)$$

Sedangkan prosedur yang digunakan dalam melakukan estimasi terhadap nilai *total network throughput* diantaranya:

#### a. Kalkulasi Nilai *Throughput per Session*

Nilai *throughput per session* merupakan nilai *throughput* berdasarkan tiap layanannya. Persamaan yang dapat digunakan adalah:

$$\frac{\text{Throughput}}{\text{Session}} = \text{bearer rate} \times \text{PPP session time} \times \text{PPP session duty ratio} \times \left[ \frac{1}{(1 - \text{BLER})} \right] \quad (8)$$

#### b. Kalkulasi Nilai *Single User Throughput*

Pada dasarnya nilai *single user throughput* adalah penjumlahan untuk setiap layanannya. Persamaan yang dapat digunakan adalah:

$$\text{SUT} = \frac{[\sum(\frac{\text{Throughput}}{\text{Session}}) \times \text{BHSA} \times \text{PenetrationRatio} \times (1 + \text{PAR})]}{3600} \quad (9)$$

#### c. Kalkulasi Nilai *Total Network Throughput (IP Layer)*

Diperoleh dengan mengalikan nilai *single user throughput* dengan total pengguna layanan. Persamaan yang dapat digunakan adalah:

$$\text{TNT}_{(DL,UL)} = \text{Total User Number} \times \text{SUT}_{(DL,UL)} \quad (10)$$

#### d. Transfer *IP Layer Throughput* ke *MAC Layer Throughput*

Dengan terdapatnya pengurangan *header* pada *MAC layer*, maka dilakukan konversi nilai yang diperoleh pada *IP layer throughput*. Persamaan yang dapat digunakan adalah:

$$\text{MAC Layer Throughput} = \frac{\text{IP Layer Throughput}}{98,04\%} \quad (11)$$

e. Kalkulasi Jumlah *Transmitter*

Jumlah *site* dapat diperoleh dengan membandingkan nilai *total network throughput* pada *MAC layer* dengan *site capacity*. Persamaan yang dapat digunakan adalah:

$$\text{Number of TX} = \frac{\text{Total Network Throughput}_{\text{MAC layer}}}{\text{Capacity per site}} \quad (12)$$

## 2.4 Parameter Analisa

a. *Throughput*

Merupakan jumlah aktual data yang berhasil dikirim atau diterima dalam sebuah komunikasi.

b. *Reference Signal Received Power (RSRP)*

Merupakan daya *reference* sinyal rata-rata untuk tiap *resource element* yang terukur [9]. RSRP mengukur daya sinyal lebih baik dari sektor tertentu karena berpotensi meniadakan *noise* dari sektor lainnya. Persamaan yang digunakan untuk mencari nilai RSRP adalah sebagai berikut:

$$\text{RSRP}_{(dBm)} = \text{RSSI}_{(dBm)} - 10 \times \log(12 \times N) \quad (13)$$

c. *Received Signal Strength Indicator (RSSI)*

Merupakan keseluruhan daya sinyal yang diterima termasuk interferensi, dan daya dari sel lain [10]. RSSI mengukur daya keseluruhan *resource block* yang mengandung sinyal *reference*.

$$\text{RSSI} = \text{noise} + \text{serving cell power} + \text{interference power} \quad (14)$$

d. *Carrier-to-Interference plus Noise Ratio (CINR)*

Merupakan perbandingan antara daya *carrier* sinyal RF yang melindungi sinyal informasi dengan keseluruhan daya sinyal interferensi dan *noise*.

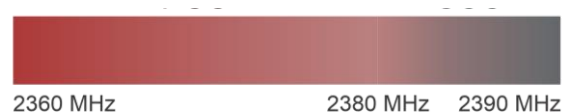
e. *Block Error Rate*

Mendefinisikan rasio antara tingkat kesalahan *block* yang diterima dengan total *block* keseluruhan yang dikirimkan.

## 3. Perencanaan Jaringan

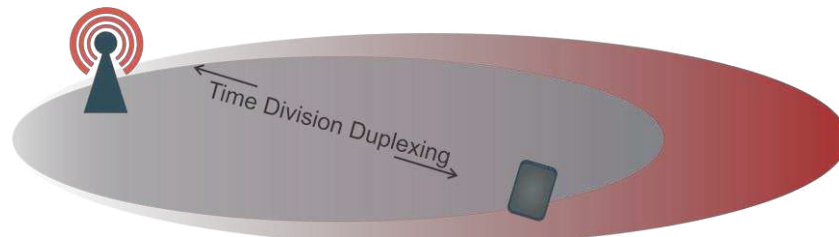
### 3.1 Model Perencanaan

Perencanaan jaringan TD-LTE *Advanced* dilakukan dengan menggunakan dua buah frekuensi seperti yang tertera pada Gambar 2.



Gambar 2. Skenario Letak Frekuensi

Skema yang dilakukan adalah dengan menggunakan dua buah frekuensi di antaranya dengan *bandwidth* 20 MHz yang terletak pada frekuensi 2360-2380 MHz dan frekuensi lainnya dengan *bandwidth* 10 MHz yang terletak pada frekuensi 2380-2390 MHz.



Gambar 3. Permodelan TD-LTE *Advanced*

Pada simulasi perencanaan jaringan LTE *Advanced* ini menggunakan metode *time division duplexing* (TDD) seperti yang tertera pada Gambar 3 .

### 3.2 Spesifikasi Sistem

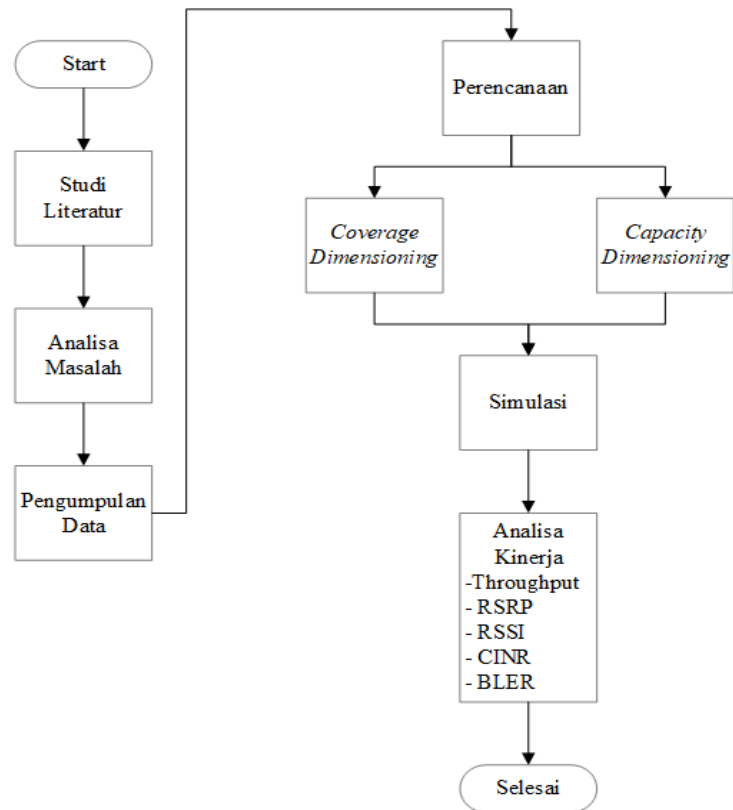
Spesifikasi sistem yang digunakan pada perencanaan TD-LTE *Advanced* terdapat pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Spesifikasi TD-LTE *Advanced*

| Spesifikasi                | Sel A                             |         | Sel B         |         |
|----------------------------|-----------------------------------|---------|---------------|---------|
| Frekuensi                  | 2360-2380 MHz                     |         | 2380-2390 MHz |         |
| <i>Bandwidth</i>           | 20 MHz                            |         | 10 MHz        |         |
| <i>Resource Block</i> (RB) | 100                               | DL = 60 | 50            | DL = 30 |
|                            |                                   | UL = 20 |               | UL = 10 |
| Model Propagasi            | Cost-231 Hatta                    |         |               |         |
| <i>Duplexing</i>           | <i>Time Division Duplex</i> (TDD) |         |               |         |
| Konfigurasi TDD            | Konfigurasi 2                     |         |               |         |
| MIMO TRX                   | 4 x 4                             |         |               |         |

### 3.3 Skema Perencanaan

Pada Gambar 4 berikut ini merupakan diagram alir yang menjelaskan tahapan yang dilakukan saat perencanaan TD-LTE *Advanced*. Lokasi studi kasus yang digunakan dalam penelitian ini berada di Kota Bandung. Pemilihan lokasi studi kasus ini dikarenakan Kota Bandung menjadi salah satu kota dengan tingkat populasi terbanyak di Jawa Barat. Langkah yang ditempuh dalam melakukan perencanaan jaringan TD-LTE *Advanced* dengan melakukan kalkulasi terhadap *capacity dimensioning* serta *coverage dimensioning*. Hasil yang diperoleh dari kalkulasi digunakan sebagai acuan saat melakukan simulasi perencanaan.



Gambar 4. Diagram Alir Perencanaan

3.4 Skema Coverage Dimensioning (20 MHz)

a. Kalkulasi Nilai MAPL

Nilai *maximum pathloss* dengan *bandwidth* 20 MHz dijabarkan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Kalkulasi Nilai MAPL Bandwidth 20 MHz

| <b>Maximum Allowable Pathloss</b> |             |  |              |
|-----------------------------------|-------------|--|--------------|
| <b>Tx</b>                         | <b>Unit</b> | <b>Formula</b>   | <b>Scale</b> |
| Max Total Tx Power                | dBm         | $a$  | 46           |
| Number of Resource Block          |             | $c$  | 60           |
| Subcarrier to Distributed Power   |             | $d = c \times 12$  | 720          |
| Subcarrier Power                  | dBm         | $e = a - (10 \times \log d)$   | 17,43        |
| Tx Antenna Gain                   | dBi         | $g$  | 18           |
| Tx Cable Loss                     | dB          | $h$  | 0.5          |
| EIRP                              | dBm         | $j = e + g - h$  | 34,93        |
| <b>Rx</b>                         | <b>Unit</b> | <b>Formula</b>   | <b>Scale</b> |
| SINR                              | dB          | $k$  | -9           |
| Rx Noise Figure                   | dB          | $l$  | 7            |
| Thermal Noise                     | dBm         | $P = 10 \times \log(K \times T \times BW \times 1000)$<br>dengan<br>$K = 1.38 \times 10^{-23} JK^{-1}$<br>$T = 300 K$<br>$BW = 15000 Hz$ | -132,07      |
| Rx Sensitivity                    | dBm         | $m = k + l - 174 + (10 \times \log P)$   | -134,07      |

| <b>Maximum Allowable Pathloss</b>         |             |                                       |              |
|---|-------------|---------------------------------------|--------------|
| Rx Body Loss                              | dB          | $p$                                   | 0            |
| Interference Margin                       | dB          | $q$                                   | 4            |
| Min Signal Reception Strength             | dBm         | $r = m + p + q$                       | -130,07      |
| <b>Path Loss dan Shadow Fading Margin</b> | <b>Unit</b> | <b>Formula</b>                        | <b>Scale</b> |
| Penetration Loss                          | dB          | $s$                                   | 16           |
| Shadow Fading Margin                      | dB          | $t$                                   | 8            |
| <b>Path Loss</b>                          | <b>dB</b>   | <b><math>u = j - r - s - t</math></b> | <b>141</b>   |

b. Kalkulasi Nilai Model Propagasi COST 231-Hatta *Bandwidth* 20 MHz

Dengan menggunakan Persamaan 1 hingga Persamaan 3 dapat diperoleh nilai model propagasi COST 231-Hatta untuk *bandwidth* 20 MHz.

**DL:**

$$Lu = 46,3 + 33,9 \log(2360) - 13,82 \log(30) + (44,9 - 6,55 \log(30)) \log d$$

$$Lu = 140,23 + (35,22 \log d)$$

$$a(Hr) = (1,1 \log(2360) - 0,7)1,5 - (1,56 \log(2360) - 0,8)$$

$$a(Hr) = 0,04$$

$$Total = Lu - a(Hr)$$

$$141 = 140,23 + (35,22 \log d) - 0,04$$

$$d = 1,04 \text{ Km}$$

c. Kalkulasi Nilai *Coverage Site*

Dengan menggunakan Persamaan 4 dapat diperoleh nilai *coverage site* dengan *bandwidth* 20 MHz. Jumlah *transmitter* yang didapat, dipaparkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai *Coverage Site*

| <b>d (Km)</b> | <b>Coverage Site (Km<sup>2</sup>)</b>                     | <b>Tx Calculation</b>                      | <b>Total Tx</b> |
|---------------|---|--|-----------------|
| 1,04          | $Area = \frac{9}{8} \sqrt{3} \times 1,04^2$ $Area = 2,11$ | $Site = \frac{167,7}{2,11}$ $Site = 79,48$ | <b>80</b>       |

### 3.5 Skema *Capacity Dimensioning* (20 MHz)

Langkah pertama yang harus ditempuh pada skema *capacity dimensioning* adalah dengan melakukan kalkulasi terhadap nilai *single site throughput*.

a. Kalkulasi Nilai *Cell Capacity*

Dengan menggunakan Persamaan 5 hingga Persamaan 6 dapat diperoleh nilai *cell capacity* dengan *bandwidth* 20 MHz. Nilai yang didapat, dipaparkan pada Tabel 5 berikut.



Tabel 5. Kalkulasi Nilai *Cell Capacity Bandwidth* 20 MHz

| Modulation | Code Bit | Code Rate | DL CellCapacity (bps)<br>20 MHz |
|------------|----------|-----------|---------------------------------|
| QPSK 1/3   | 2        | 0,34      | 18278376                        |
| QPSK 1/2   | 2        | 0,5       | 26879976                        |
| QPSK 2/3   | 2        | 0,67      | 36019176                        |
| 16 QAM 1/2 | 4        | 0,5       | 53759976                        |
| 16 QAM 2/3 | 4        | 0,67      | 72038376                        |
| 16 QAM 4/5 | 4        | 0,8       | 86015976                        |
| 64 QAM 1/2 | 6        | 0,5       | 80639976                        |
| 64 QAM 2/3 | 6        | 0,67      | 108057576                       |

b. Kalkulasi *Cell Average Throughput*

Dengan mengalikan nilai *SINR probability* dengan *cell capacity* dapat diperoleh nilai *cell average throughput* dengan *bandwidth* 20 MHz. Nilai *cell average throughput* yang didapat, dipaparkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Kalkulasi Nilai *Cell Average Throughput Bandwidth* 20 MHz

| Modulation   | SINR Probability | DL CellCapacity (Kbps)<br>20 MHz | DL CellAverage Throughput (Kbps)<br>20 MHz |
|--|------------------|----------------------------------|--|
| QPSK 1/3   | 0,28             | 18278,38                         | 5117,95                                    |
| QPSK 1/2   | 0,25             | 26879,98                         | 6720                                       |
| QPSK 2/3   | 0,17             | 36019,18                         | 6123,27                                    |
| 16 QAM 1/2   | 0,13             | 53759,98                         | 6988,8                                     |
| 16 QAM 2/3   | 0,1              | 72038,38                         | 7203,84                                    |
| 16 QAM 4/5   | 0,05             | 86015,98                         | 4300,8                                     |
| 64 QAM 1/2   | 0,01             | 80639,98                         | 806,4                                      |
| 64 QAM 2/3   | 0,01             | 108057,58                        | 1080,58                                    |
| <b><math>\Sigma</math> Cell Average Throughput</b> |                  |                                  | <b>38341,64</b>                            |

c. Kalkulasi *Capacity per Site*

Dengan menggunakan Persamaan 7 dapat diperoleh nilai *capacity per site*. Nilai *capacity per site* yang didapat, dipaparkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Kalkulasi Nilai *Capacity per Site Bandwidth* 20 MHz

| DL Cell Average throughput (Kbps)<br>20 MHz | DL Capacity per Site (Kbps)<br>20 MHz |
|---|---------------------------------------|
| 38341,64                                    | 115024,92                             |

Setelah dilakukan kalkulasi terhadap nilai *single site throughput*, langkah yang ditempuh selanjutnya adalah melakukan kalkulasi terhadap nilai *total network throughput*.

a. Kalkulasi *Throughput per Session*

Dengan menggunakan Persamaan 8 dapat diperoleh nilai *throughput per session*. Nilai *throughput per session* yang didapat, dipaparkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Kalkulasi Nilai *Throughput per Session*

| Traffic Parameter | DL          |                  |                         |      | DL                        |
|-------------------|-------------|------------------|-------------------------|------|---------------------------|
|                   | Bearer Rate | PPP Session Time | PPP Session Duty Ration | BLER | <i>Throughput Session</i> |
| VoIP              | 26,9        | 80               | 0,4                     | 0,01 | 869,5                     |
| Video Phone       | 62,53       | 70               | 1                       | 0,01 | 4421,32                   |
| Video Conference  | 62,53       | 1800             | 1                       | 0,01 | 113690,91                 |
| RT Gaming         | 125,06      | 1800             | 0,4                     | 0,01 | 90952,73                  |
| Streaming Media   | 250,11      | 3600             | 0,95                    | 0,01 | 864016,37                 |
| IMS Signaling     | 15,63       | 7                | 0,2                     | 0,01 | 22,11                     |
| Web Browsing      | 250,11      | 1800             | 0,05                    | 0,01 | 22737,28                  |
| File Transfer     | 750,34      | 600              | 1                       | 0,01 | 454751,52                 |
| Email             | 750,34      | 15               | 1                       | 0,01 | 11368,79                  |
| P2P File          | 750,34      | 1200             | 1                       | 0,01 | 909503,04                 |

b. Kalkulasi *Single User Throughput (IP Layer)*

Dengan menggunakan Persamaan 9 dapat diperoleh nilai *single user throughput* pada *IP layer*. Nilai *single user throughput* yang didapat, dipaparkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Kalkulasi Nilai *Single User Throughput (IP Layer)*

| Traffic Parameter             | DL                               | Urban |             | DL                            |
|-------------------------------|----------------------------------|-------|-------------|-------------------------------|
|                               | <i>Throughput Session (Kbps)</i> | BHSA  | Penetration | Single User Throughput (Kbps) |
| VoIP                          | 869,5                            | 1,3   | 1           | 1356,42                       |
| Video Phone                   | 4421,32                          | 0,16  | 0,2         | 169,78                        |
| Video Conference              | 113690,91                        | 0,15  | 0,15        | 3069,66                       |
| RT Gaming                     | 90952,73                         | 0,2   | 0,2         | 4365,74                       |
| Streaming Media               | 864016,37                        | 0,15  | 0,15        | 23328,45                      |
| IMS Signaling                 | 22,11                            | 4     | 0,3         | 31,84                         |
| Web Browsing                  | 22737,28                         | 0,4   | 1           | 10913,9                       |
| File Transfer                 | 454751,52                        | 0,2   | 0,2         | 21828,08                      |
| Email                         | 11368,79                         | 0,3   | 0,1         | 409,28                        |
| P2P File                      | 909503,04                        | 0,3   | 0,2         | 65484,22                      |
| <b>Single User Throughput</b> |                                  |       |             | <b>36,38</b>                  |

c. Kalkulasi *Total Network Throughput (IP Layer)*

Dengan menggunakan Persamaan 10 dapat diperoleh nilai *total network throughput* pada IP layer. Hasil *total network throughput* yang didapat, dipaparkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Kalkulasi Nilai *Total Network Throughput (IP Layer)*

| Total Target user |             | Single User Throughput (Kbps) | Network Throughput (IP) (Kbps) |
|-------------------|-------------|-------------------------------|--------------------------------|
| Kota              | Jumlah User | DL                            | DL                             |
| Bandung           | 91055       | 36,38                         | 3312580,9                      |

d. Konversi *IP Layer Throughput* ke *MAC Throughput*

Dengan menggunakan Persamaan 11 dapat dilakukan konversi nilai *throughput* pada IP layer menjadi *MAC layer*. Hasil yang didapat, dipaparkan pada Tabel 11.

Tabel 11. Konversi *IP Layer Throughput – MAC Layer Throughput*

| Kota    | Jumlah User | Network Throughput (MAC) (Kbps) | Single Site Throughput (MAC) (Kbps) |
|---------|-------------|---------------------------------|-------------------------------------|
|         |             | DL                              | DL                                  |
| Bandung | 91055       | 3380184,6                       | 115024,92                           |

e. Kalkulasi Jumlah *Transmitter*

Dengan menggunakan Persamaan 12 dapat diperoleh jumlah *transmitter* yang dibutuhkan. Jumlah *transmitter* yang didapat, dipaparkan pada Tabel 12.

Tabel 12. Kalkulasi Jumlah *Transmitter Bandwidth 20 MHz*

| Network Throughput (MAC) (Kbps) | Capacity per Site (MAC) (Kbps) | Tx Calculation | Total Tx |
|---------------------------------|--------------------------------|----------------|----------|
| DL                              | DL                             | DL             |          |
| 3380184,6                       | 115024,92                      | 29,39          | 30       |

### 3.6 Pemilihan Jumlah *Transmitter*

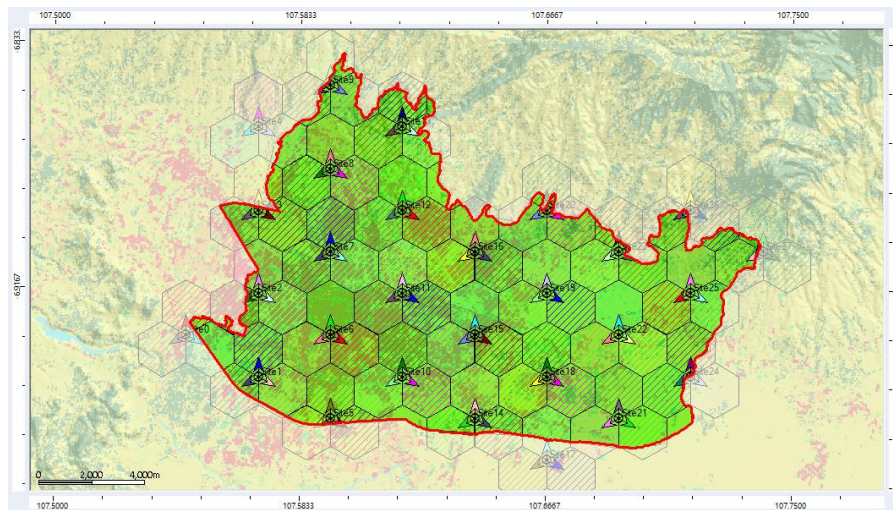
Pemilihan jumlah *transmitter* yang digunakan akan dilakukan berdasarkan kalkulasi jumlah *transmitter* yang terbanyak dengan asumsi, bahwa dengan dipilihnya jumlah *transmitter* terbanyak maka dapat memenuhi kebutuhan baik dari segi *coverage* ataupun *capacity*. Pada Tabel 13 berikut ini tertera rangkuman jumlah *transmitter* hasil dari *coverage* dan *capacity dimensioning*.

Tabel 13. Jumlah *Transmitter*

| Kalkulasi | Coverage Dimensioning |        | Capacity Dimensioning |        | Acuan |
|-----------|-----------------------|--------|-----------------------|--------|-------|
|           | 20 MHz                | 10 MHz | 20 MHz                | 10 MHz |       |
| Jumlah Tx | 80                    | 52     | 30                    | 59     | 80    |

#### 4. Hasil dan Analisa

Pada bagian ini dipaparkan hasil yang diperoleh dari pengujian terhadap perencanaan jaringan TD-LTE *Advanced* dengan area studi kasus adalah Kota Bandung.

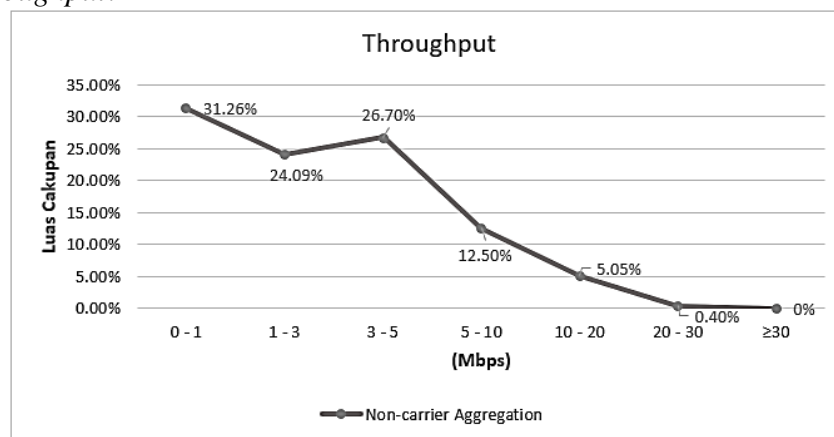


Gambar 5. Perencanaan TD-LTE *Advanced*

Pada Gambar 5 menunjukkan hasil simulasi diperoleh jumlah *transmitter* yang digunakan pada perencanaan TD-LTE *Advanced* sebanyak 84 *transmitter* dengan pembagian menjadi 3 sektor sehingga jumlah *transmitter* yang digunakan pada simulasi mendekati jumlah *transmitter* yang telah diperhitungkan sebelumnya.

##### 4.1 Parameter *Throughput*

Gambar 6 menunjukkan hasil simulasi yang diperoleh dari pengujian terhadap parameter *throughput*.



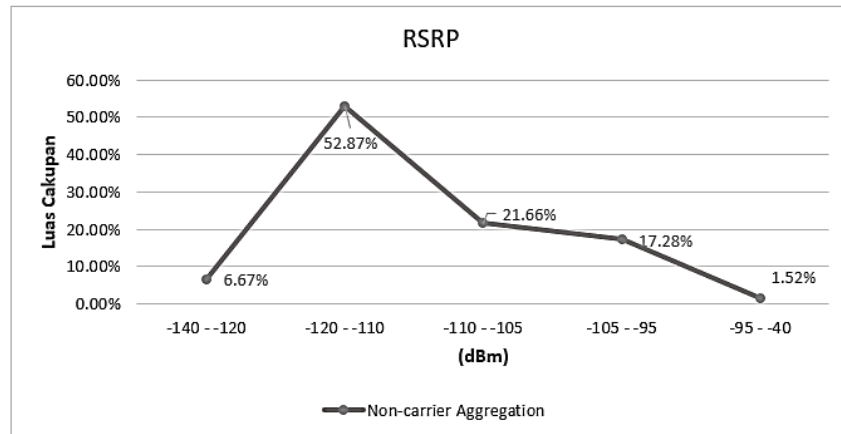
Gambar 6. Parameter *Throughput*

Pada Gambar 6 menunjukkan 31,26% luas cakupan memiliki nilai *throughput* < 1 Mbps, sementara *throughput* maksimum yang diperoleh pada rentang nilai 20-30 Mbps hanya memiliki cakupan sebesar 0,4%. Sehingga diketahui bahwa pada simulasi ini TD-LTE tidak mampu menghasilkan *throughput* yang cukup tinggi hal ini ditunjukkan dengan semakin menurunnya nilai *throughput* yang diperoleh. Nilai *throughput* dengan kinerja terbaik pada simulasi TD-LTE *Advanced* berkisar pada rentang 3-5 Mbps yang memiliki luas sebesar 26,70% dari total luas cakupan. Sementara nilai rata-rata *throughput* yang diperoleh sebesar

3,5 Mbps.

#### 4.2 Parameter RSRP

Gambar 7 menunjukkan hasil simulasi yang diperoleh dari pengujian terhadap parameter RSRP.

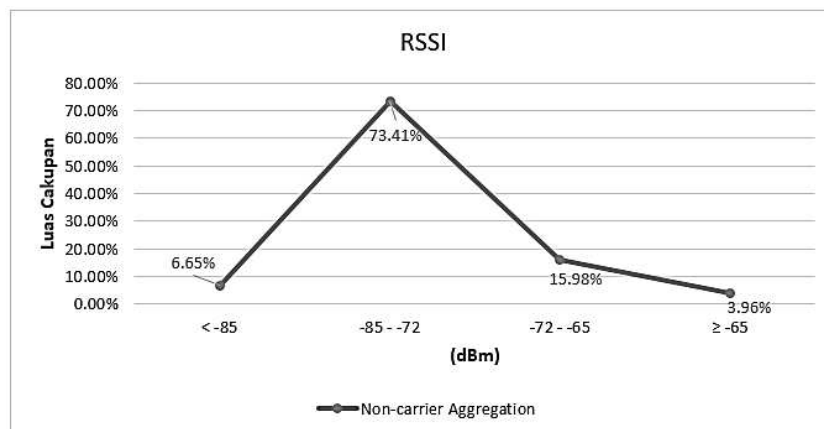


Gambar 7. Parameter RSRP

Pada Gambar 7 menunjukkan rentang nilai RSRP dengan kinerja berurut dari nilai minimum hingga optimum. Dari Gambar 7 diketahui bahwa nilai RSRP terendah dengan nilai  $< -120$  dBm memiliki luas sebesar 6,67% dari total luas cakupan, nilai RSRP terbaik dengan nilai  $\geq -95$  dBm hanya memiliki luas sebesar 1,52% dari total luas cakupan. Sementara nilai RSRP dominan terdapat pada rentang  $-120$  dBm hingga  $-110$  dBm yang memiliki luas sebesar 52,87% dari total luas cakupan dan dihasilkan nilai rata-rata RSRP yang diperoleh sebesar  $-110$  dBm.

#### 4.3 Parameter RSSI

Gambar 8 menunjukkan hasil simulasi yang diperoleh dari pengujian terhadap parameter RSSI.



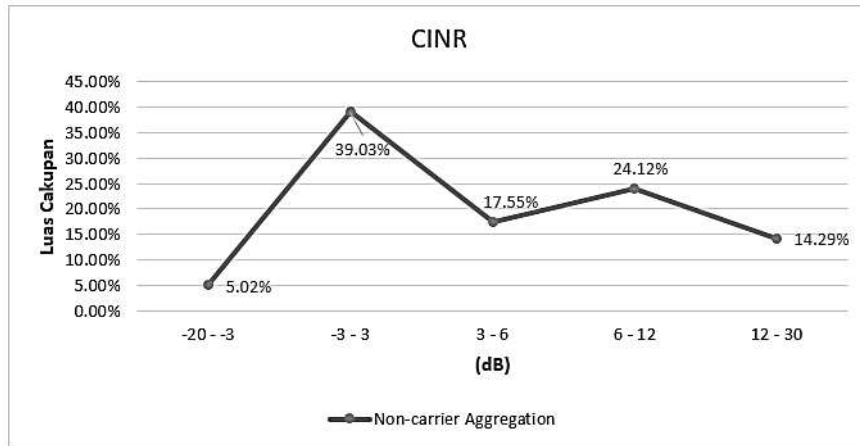
Gambar 8. Parameter RSSI

Pada Gambar 8 menunjukkan rentang nilai RSSI dengan kinerja berurut dari nilai minimum hingga optimum. Dari Gambar 8 diketahui bahwa nilai RSSI terendah dengan nilai  $< -85$  dBm memiliki luas 6,65% dari total luas, nilai RSSI paling dominan berada pada rentang  $-85$  hingga  $-72$  dBm yang memiliki luas hingga 73,41% dari total luas cakupan, dan nilai RSSI terbaik dengan nilai  $\geq -65$  dBm hanya memiliki cakupan sebesar 3,96%. Nilai rata-rata RSSI yang

diperoleh dari simulasi sebesar -72.36 dBm.

#### 4.4 Parameter CINR

Gambar 9 menunjukkan hasil simulasi yang diperoleh dari pengujian terhadap parameter CINR.

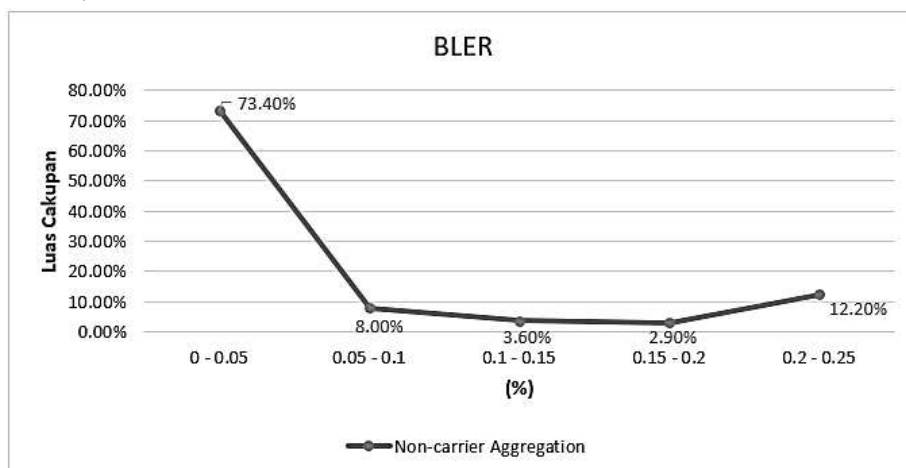


Gambar 9. Parameter CINR

Pada Gambar 9 menunjukkan rentang nilai CINR dengan kinerja berurut dari nilai minimum hingga optimum. Dari Gambar 9 diketahui bahwa nilai CINR terendah dengan nilai  $< -3$  dB memiliki luas 5,02% dari total luas cakupan, nilai CINR paling dominan berada pada rentang -3 dB hingga 3 dB yang memiliki luas hingga 39,03% dari total luas cakupan, dan nilai CINR terbaik dengan nilai  $\geq 12$  dB memiliki luas sebesar 14,29% dari total luas cakupan. Sementara nilai rata-rata CINR yang diperoleh sebesar 4,81 dB sehingga dapat disimpulkan bahwa walaupun dengan menggunakan dua buah sel yang bekerja pada rentang frekuensi yang berdekatan nilai interferensi dan *noise* yang mengganggu sinyal informasi terbilang cukup rendah. Hal ini diketahui karena daya sinyal informasi  $3,03\times$  lebih kuat bila dibandingkan dengan daya interferensi dan *noise* yang terjadi.

#### 4.5 Parameter BLER

Gambar 10 menunjukkan hasil simulasi yang diperoleh dari pengujian terhadap parameter BLER.



Gambar 10. Parameter BLER

Pada Gambar 10 menunjukkan rentang nilai BLER dengan kinerja berurut dari nilai maksimum hingga minimum. Dari Gambar 10 diketahui bahwa nilai BLER maksimum yang diperoleh dengan nilai  $< 0,05\%$  memiliki luas sebesar 73,40% dari total luas cakupan nilai ini juga menjadi nilai dengan kinerja yang paling dominan, sementara nilai BLER minimum dengan nilai  $> 0,2\%$  memiliki luas sebesar 12,20% dari total luas cakupan. Pada simulasi ini nilai rata-rata BLER yang diperoleh sebesar 0.07%.

#### 4.6 Rekomendasi

Dengan demikian rangkuman kinerja yang didapat dari simulasi TD-LTE *Advanced* dengan area studi kasus Kota Bandung dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Rangkuman Kinerja Sistem

| Nilai Rata-Rata Parameter | Nilai      | Kesimpulan  |
|---------------------------|------------|---|
| <i>Throughput</i>         | 3,5 Mbps   | Kurang cocok diterapkan pada daerah <i>high demand</i> akibat rendahnya nilai <i>throughput</i> . |
| RSRP                      | -110,8 dBm |   |
| RSSI                      | -72,36 dBm |   |
| CINR                      | 4,81 dB    |   |
| BLER                      | 0,07%      |   |

Walaupun memiliki nilai CINR yang baik dengan nilai rata-rata sebesar 4,81 dB, hasil simulasi pada perencanaan TD-LTE *Advanced* mendapatkan nilai rata-rata *throughput* yang cukup kecil yaitu hanya sebesar 3,5 Mbps dengan nilai ini TD-LTE *Advanced* kurang cocok bila di implementasikan pada daerah yang memiliki *demand* yang cukup tinggi seperti Kota Bandung. Hal ini disebabkan karena Kota Bandung memiliki cukup banyak sektor perkantoran, industri, moda transportasi yang menjadi indikator penting dalam *high demand area*.

### 5. Kesimpulan

1. Penggunaan metode *duplexing* TDD dimana komunikasi dibagi berdasarkan waktu menyebabkan nilai *throughput* yang dihasilkan cukup rendah, berdasarkan simulasi nilai rata-rata *throughput* yang dihasilkan sebesar 3,5 Mbps.
2. Penggunaan dua buah frekuensi yang berdekatan akan menyebabkan *adjacent channel interference*, tetapi berdasarkan simulasi nilai rata-rata CINR yang dihasilkan cukup baik yaitu sebesar 4,81 dB.
3. TD-LTE *Advanced* kurang cocok bila diimplementasikan pada daerah *high demand*, dimana *data rate* menjadi elemen penting.
4. Skema *duplexing* TDD memiliki keunggulan dalam hal efisiensi spektrum frekuensi hal ini dikarenakan hanya dibutuhkannya frekuensi tunggal. Tetapi akibat dibutuhkannya *guard period* metode *duplexing* TDD kurang mampu untuk menghasilkan nilai *throughput* yang baik.

### Daftar Pustaka

- [1] Astély, D., Dahlman, E., Furuskär, A., Jading, Y., Lindström, M., & Parkvall, S. (2009). LTE: the evolution of mobile broadband. *IEEE Communications magazine*, 47(4), 44-51.
- [2] Dalia Abdalla Omer, E., Babiker, A. A., & Mustafa, N. (2015). LTE FDD vs LTE TDD from a Qos Perspective. *IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering*, 10(21), 2278–2834.

- [3] Chan, P. W., Lo, E. S., Wang, R. R., Au, E. K., Lau, V. K., Cheng, R. S., ... & Letaief, K. B. (2006). The evolution path of 4G networks: FDD or TDD?. *IEEE Communications Magazine*, 44(12), 42-50.
- [4] Soehartono, S. E. (2012, October). FDD and TDD comparison for consideration of slot spectrum assignment in Indonesia. In *2012 7th International Conference on Telecommunication Systems, Services, and Applications (TSSA)* (pp. 266-269). IEEE.
- [5] Yonis, A. Z., Abdullah, M. F. L., & Ghanim, M. F. (2012). LTE-FDD and LTE-TDD for cellular communications. *Proceeding, Progress in*.
- [6] Chandra, D., Yusnita, S., Aulia, S., & Ardila, N. Perencanaan Jaringan 4G LTE Dengan Teknologi FDD Pada Frekuensi 1800 MHz Berbasis Cost-231 Hatta Propagation Model di Kota Padang.
- [7] ElNashar, A., El-Saidny, M. A., & Sherif, M. (2014). *Design, deployment and performance of 4G-LTE networks: A practical approach*. John Wiley & Sons.
- [8] Kurniawan, U. (2008). *Pengantar Ilmu Telekomunikasi*. Penerbit Informatika.
- [9] Cox, C. (2012). *An introduction to LTE: LTE, LTE-advanced, SAE and 4G mobile communications*. John Wiley & Sons.
- [10] Sauter, M. (2014). *From GSM to LTE-advanced: an introduction to mobile networks and mobile broadband*. John Wiley & Sons.