

Analisis Manajemen Interferensi Menggunakan Enhanced Inter-Cell Interference Coordination Dan Coordinated Multipoint Pada LTE-Advanced

Interference Management Analysis Using Enhanced Inter-Cell Interference Coordination And Coordinated Multipoint On LTE-Advanced

Reinaldy Manalu¹, Arfianto Fahmi², Linda Meylani³

¹²³Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
¹reinaldym@student.telkomuniversity.ac.id, ²arfiantof@telkomuniversity.ac.id,
³lindameylani@telkomuniversity.ac.id

Abstrak - LTE-Advanced yang diperkenalkan oleh 3GPP mampu membawa pengalaman baru bagi para penggunanya. Namun, LTE-Advanced bukan tanpa masalah. Inter-Cell Interference (ICI) merupakan suatu kondisi dimana pengguna yang berada di tepi sel mengalami penurunan kinerja jaringan. Hal ini disebabkan oleh posisi pengguna yang semakin menjauhi eNodeB yang sedang melayaninya, serta adanya interferensi dari eNodeB tetangga pada tepi sel tersebut. Pada akhirnya, kondisi ini menyebabkan penurunan kualitas jaringan bagi pengguna di tepi sel.

Untuk mengatasi permasalahan ini 3GPP memperkenalkan Enhanced Inter-Cell Coordination (eICIC) pada Release 10 dan diikuti oleh Coordinated Multipoint (CoMP) pada Release 11. Pada tugas akhir ini dilakukan analisis perbandingan kinerja dari eICIC dan CoMP LTE-Advanced di Kota Bandung. Simulasi dilakukan pada frekuensi kerja 1800 MHz dengan menggunakan *bandwidth* 20 MHz. Untuk mengetahui kinerja manajemen interferensi pada sistem maka dibuat tiga skenario dalam simulasi. Pada skenario pertama dilakukan simulasi terhadap kondisi *site existing*, skenario kedua menerapkan skema eICIC, dan skenario ketiga menerapkan CoMP. Parameter yang diuji dalam tugas akhir ini adalah RSRP, SINR, dan *throughput*.

Hasil simulasi dengan menggunakan skema eICIC menunjukkan peningkatan nilai rata-rata SINR sebesar 0,6 dB. Sedangkan untuk parameter RSRP dan *throughput* terjadi penurunan nilai rata-rata, masing-masing sebesar 0,01 dBm dan 13,24 Mbps. Sementara itu, pengujian terhadap skema CoMP menunjukkan peningkatan nilai rata-rata untuk parameter RSRP, SINR, maupun *throughput*, masing-masing sebesar 0,8 dBm, 0,11 dB, dan 1,10 Mbps.

Kata Kunci: LTE-Advanced, ICI, eICIC, CoMP

Abstract - LTE-Advanced (LTE-A) introduced by 3GPP is able to bring new experiences to its users. However, LTE-A is not without problems. Inter-Cell Interference (ICI) is a condition where users who are on the cell edge get a decrease in network performance. It caused by the position of the user who is increasingly away from eNodeB that is serving them, as well as interference from neighboring eNodeB at the edge of the cell. Ultimately, this condition causes a decrease the quality of the network for users at the cell edge.

To overcome this problem 3GPP introduced Enhanced Inter-Cell Coordination (eICIC) on Release 10 and followed by Coordinated Multipoint (CoMP) on Release 11. In this final project a comparative analysis of the performance of eICIC and CoMP LTE-A in Bandung is conducted. The simulation is carried out at a work frequency of 1800 MHz using a bandwidth of 20 MHz. To find out the performance of interference management in the system, three scenarios in the simulation are made. In the first scenario, the simulation is carried out by site existing, the second scenario applies the eICIC scheme, and the third scenario applies CoMP scheme. The parameters tested in this final project are RSRP, SINR, and throughput.

The simulation results using the eICIC scheme show an increase in the average SINR value of 0.6 dB. As for the RSRP parameters and throughput, a decrease in the average value are 0.01 dBm and 13.24 Mbps, respectively. Meanwhile, testing of the CoMP scheme showed an increase in the average values for the RSRP, SINR, and throughput parameters, each by 0.8 dBm, 0.11 dB, and 1.10 Mbps.

Keywords: LTE-Advanced, ICI, eICIC, CoMP

1. Pendahuluan

Kapasitas jaringan yang besar disetiap node LTE-Advanced memerlukan manajemen interferensi yang baik. Salah satu masalah yang berkaitan dengan interferensi dalam LTE-Advanced adalah Inter-Cell Interference (ICI). ICI merupakan suatu kondisi dimana pengguna yang berada di tepi sel mengalami penurunan kinerja jaringan. Hal ini disebabkan karena sel yang berdekatan menggunakan frekuensi yang sama

dan berakibat terjadi penurunan *bit rate*, khususnya pengguna yang berada di tepi sel [3]. Untuk mengatasi permasalahan ini 3GPP memperkenalkan skema manajemen interferensi pada LTE-Advanced yaitu, Enhanced Inter-Cell Interference Coordination (eICIC) pada Release 10, dan diikuti oleh Coordinated Multipoint (CoMP) pada Release 11 [4].

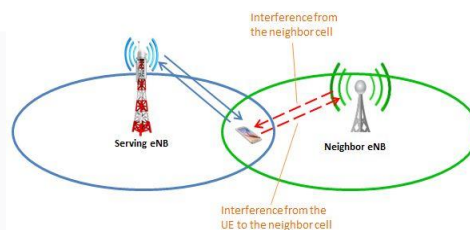
Penelitian [5] telah ditunjukkan bahwa CoMP mampu meningkatkan parameter SINR, *throughput*, dan *user connected* ketika dibandingkan dengan jaringan LTE-Advanced tanpa CoMP. Sementara itu [6] menunjukkan bahwa skema eICIC pada jaringan HetNet tidak memberi peningkatan pada parameter signal level dan CINR, sedangkan nilai *throughput* dan *user connected* terjadi *trade-off*.

Pada tugas akhir ini dilakukan simulasi perbandingan kinerja dari eICIC dan CoMP LTE-Advanced di Kota Bandung. Simulasi dilakukan pada frekuensi kerja 1800 MHz dengan menggunakan *bandwidth* 20 MHz. Untuk mengetahui kinerja manajemen interferensi pada sistem maka dibuat tiga skenario dalam simulasi. Pada skenario pertama dilakukan simulasi terhadap kondisi *site existing*, skenario kedua menerapkan skema CoMP, serta skenario ketiga menerapkan skema CoMP. Pada simulasi yang dilakukan, terdapat beberapa parameter yang dianalisis, diantaranya RSRP, SINR, dan *throughput*. Diharapkan keluaran dari hasil simulasi ini dapat memenuhi nilai Key Performance Indicator (KPI) dari LTE-Advanced.

2. Dasar Teori

2.1 Inter-Cell Interference

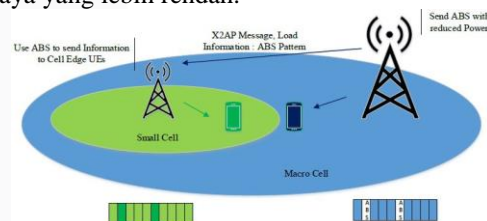
Inter-Cell Interference (ICI) masih menjadi tantangan nyata yang dapat membatasi kinerja sistem terutama bagi pengguna yang berada di tepi sel dalam jaringan LTE [9]. Pada Gambar 2.2 ditunjukkan bahwa pengguna di tepi sel terinterferensi oleh eNB tetangga. Akibat dari interferensi tersebut terjadi penurunan kinerja jaringan yang diterima UE seperti penurunan SINR dan *throughput*. ICI dapat diatasi dengan pengaturan alokasi pita frekuensi yang berbeda serta daya transmisi yang berbeda pula pada pusat sel dan tepi sel [1].



Gambar 1. Inter-Cell Interference

2.2 Enhanced Inter-Cell Interference Coordination

Enhanced Inter-Cell Interference (eICIC) diperkenalkan oleh 3GPP pada LTE release 10. Perubahan besar yaitu pada penambahan *time domain* ICIC, yang direalisasikan melalui penggunaan Almost Blank Subframe (ABS). ABS hanya berisi *control channel* dan *cell-specific reference signal*, tidak ada *data user*, dan ditransmisikan menggunakan daya yang lebih rendah.

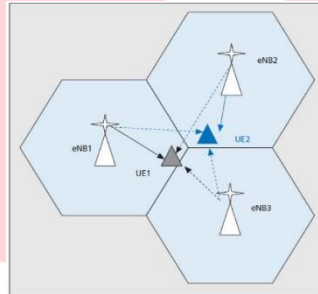


Gambar 2. Enhanced Inter-Cell Interference Coordination

ABS pattern berupa *bit map*, yaitu berupa seri 0 atau 1 dimana untuk setiap bitnya merepresentasikan sebuah *subframe*. Setiap bit 0 dalam *pattern* tersebut mengindikasikan bahwa *subframe* tersebut adalah normal (dengan kata lain tidak dikonfigurasi ABS), sedangkan untuk bit 1 mengindikasikan bahwa *subframe* tersebut telah dikonfigurasi sebagai ABS. ABS pattern digunakan sebagai konjungsi dengan *cell range expansion* (CRE) untuk eICIC dalam rangka meminimalisir interferensi antara *macro* dan *small cell*.

2.3 Coordinated Multipoint

Coordinated multipoint (CoMP) adalah salah satu fitur utama dari LTE-A pada 3GPP release 11. CoMP dikategorikan oleh 3GPP sebagai teknik untuk meningkatkan cakupan, *throughput* pada tepi sel, dan efisiensi sistem. CoMP bertujuan untuk meningkatkan kualitas secara keseluruhan bagi pengguna serta meningkatkan pemanfaatan dari jaringan LTE. Pada dasarnya, CoMP mengubah ICI menjadi sinyal yang berguna, terutama di daerah perbatasan sel, dimana terjadi penurunan kinerja LTE [3].



Gambar 3. Coordinated Multipoint

Gagasan utama CoMP adalah ketika UE berada di tepi sel, UE dapat menerima sinyal dari beberapa site dan transmisi UE dapat diterima di beberapa site terlepas dari beban sistem. Mengingat bahwa sinyal yang ditransmisikan dari beberapa site saling terkoordinasi maka kinerja DL dapat ditingkatkan secara signifikan. Koordinasi ini dapat disederhanakan seperti berfokus untuk menghindari interferensi atau lebih kompleks seperti dalam kasus dimana data yang sama ditransmisikan dari site yang berbeda.

2.5 Coverage Dimensioning

Pada *coverage dimensioning*, *link* diestimasi berdasarkan elemen-elemen seperti daerah perancangan dan performansi perangkat untuk mendapatkan Maximum Allowed Path Loss (MAPL). Maksimum radius sel didapatkan berdasarkan MAPL dan model propagasi yang digunakan. Langkah awal yang harus dilakukan pada coverage calculation ini adalah menghitung nilai MAPL yaitu redaman maksimum yang diperbolehkan baik dari sisi *uplink* dan *downlink*.

Setelah nilai MAPL untuk arah *uplink* dan *downlink* diketahui maka dapat dihitung radius sel berdasarkan model propagasi yang digunakan, yaitu model propagasi Cost-231. Berikut adalah persamaan yang digunakan dalam model propagasi Cost-231.

$$a(hm) = (1,1 \log(f) - 0,7)hm - (1,56 \log(f) - 0,8)$$

$$PL = 46,3 + 33,9 \log(f) - 13,82 \log(hb) - a(hm) + (44,9 - 6,55 \log(hb)) \log(d)$$

Setelah mendapatkan nilai radius sel maka luas sel dan jumlah sel pada area cakupan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Luas\ sel = 1,95 \times d^2$$

$$Jumlah\ sel = \frac{Luas\ area\ cakupan}{Luas\ sel}$$

2.6 Capacity Dimensioning

Capacity dimensioning merupakan suatu perencanaan untuk mengetahui jumlah site yang diperlukan berdasarkan estimasi jumlah pelanggan dan kebutuhan trafik pada suatu wilayah. Secara umum *capacity dimensioning* memiliki 2 bagian perhitungan, yaitu perhitungan kapasitas *single site* dan perhitungan *total network throughput*. Beberapa persamaan yang digunakan dalam perhitungan *capacity dimensioning* diantaranya:

- Perhitungan estimasi jumlah pelanggan, dimana P_n adalah jumlah penduduk pada tahun n , P_0 adalah jumlah penduduk di tahun sekarang, dan G_f adalah laju pertumbuhan penduduk.

$$P_n = P_0(1 + G_f)^n$$

- b. Perhitungan *single user throughput* (SUT).

$$SUT = \frac{\sum \left[\left(\frac{\text{Throughput}}{\text{Session}} \right) \times BHSR \times \text{Penetration Ratio} \times (1 + \text{Peak to Average Ratio}) \right]}{3600}$$

- c. Perhitungan *network throughput*.

$$\text{Network Throughput} = \text{Total User} \times SUT$$

- d. Perhitungan *site capacity*.

$$UL \text{ Cell Throughput} = (168 - 24) \times C_b \times C_r \times N_{rb} \times C \times 1000 - CRC$$

$$DL \text{ Cell Throughput} = (168 - 36 - 12) \times C_b \times C_r \times N_{rb} \times C \times 1000 - CRC$$

- e. Perhitungan jumlah site.

$$\text{Number of site} = \frac{\text{Network Throughput}}{\text{Site Capacity}}$$

3. Model Sistem dan Perancangan

3.1 Model Sistem

Pada penelitian ini, model jaringan yang digunakan dalam simulasi adalah jaringan heterogen LTE-Advanced, di mana jaringan heterogen disini terdiri atas *macro cell* dan *small cell*. Perbedaan mendasar antara keduanya terletak pada perbedaan daya pancar, yang juga berdampak pada luas daerah cakupan. Model jaringan heterogen LTE-Advanced dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Model Sistem Jaringan Heterogen

Dalam simulasi yang dilakukan, digunakan spektrum frekuensi 1800 MHz dengan *bandwidth* sebesar 20 MHz, baik itu untuk *macro cell* maupun *small cell*. Kemudian untuk meredam ataupun meminimalisir terjadinya interferensi, simulasi dibagi menjadi 3 skenario seperti terlihat pada tabel di bawah.

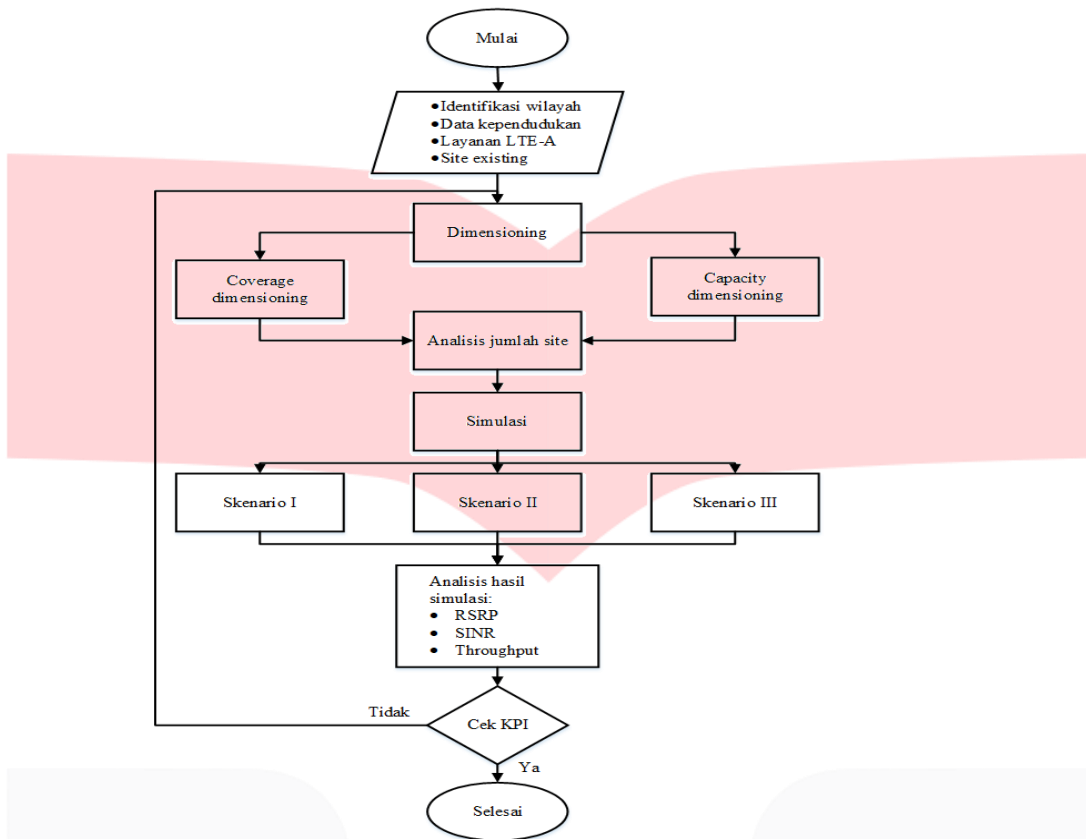
Tabel 1. Skenario Simulasi

| | |
|--------------|--------------------------------|
| Skenario I | Simulasi site existing |
| Skenario II | Simulasi site existing + eICIC |
| Skenario III | Simulasi site existing + CoMP |

Adapun parameter yang dianalisis berdasarkan ketiga skenario di atas yaitu parameter RSRP, SINR, dan *throughput*.

3.2 Diagram Alir

Untuk mempermudah pengerjaan Tugas Akhir ini maka dibuatlah suatu diagram alir agar dapat mempertahankan konsistensi pengerjaan yang terstruktur dan sistematis. Diagram alir pengerjaan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Alir Pengerjaan

3.3 Coverage Dimensioning

3.3.1 Link Budget

Perhitungan *link budget* dilakukan dengan mempertimbangkan adanya faktor *gain* dan *loss* untuk arah *uplink* maupun *downlink*. Nilai *gain* dan *loss* pada *link budget* ini menggambarkan spesifikasi perangkat yang digunakan serta kondisi lingkungan.

Tabel 2. Perhitungan Link Budget

| Uplink Link Budget | | | Downlink Link Budget | | |
|----------------------------|---------|-------------------|----------------------------|---------|-----------------|
| Transmitter (UE) | Value | Calculation | Transmitter (RBS) | Value | Calculation |
| Max Tx Power (dBm) | 23 | A | BS Tx Power (dBm) | 43 | A |
| Tx Antenna Gain (dBi) | 0 | B | BS Antenna Gain (dB) | 18 | B |
| Body Loss (dB) | 3 | C | Total Loss (dB) | 3 | C |
| EIRP (dBm) | 20 | D = A+B-C | EIRP (dBm) | 58 | D = A+B-C |
| Receiver (eNode B) | Value | Calculation | Receiver (UE) | Value | Calculation |
| Noise figure (dB) | 2.3 | E | UE noise figure (dB) | 7 | E |
| Thermal noise (dBm) | -100.96 | F = k*T*BW | Thermal noise (dBm) | -100.96 | F = k*T*BW |
| Receiver noise floor (dBm) | -98.66 | G = E+F | Receiver noise floor (dBm) | -93.96 | G = E+F |
| SINR (dB) | -7 | H | SINR (dB) | -7 | H |
| Receiver Sensitivity (dBm) | -105.66 | I = G+H | Receiver Sensitivity (dBm) | -100.96 | I = G+H |
| Interference margin (dB) | 8 | J | Interference margin (dB) | 8 | J |
| Cable loss (dB) | 0.5 | K | Rx antenna gain (dB) | 0 | K |
| Fading Margin (dB) | 15 | L | Body loss (dB) | 3 | L |
| Rx antenna gain (dBi) | 18 | M | Fading margin (dB) | 15 | M |
| MHA gain (dB) | 2 | N | Maximum Allowed Path Loss | 132.96 | N = D-I+J+K-L-M |
| Maximum Allowed Path Loss | 122.16 | O = D-I-J-K-L+M+N | | | |

Dari kedua nilai MAPL yang sudah didapat, nilai MAPL yang akan digunakan yaitu nilai MAPL terkecil. Hal ini agar sisi *uplink* dan *downlink* bisa sama-sama bisa tercakup.

3.3.2 Model Propagasi

Spesifikasi dan hasil perhitungan radius sel menggunakan model propagasi Cost-231 telah dirangkum dalam tabel sebagai berikut.

Tabel 3. Spesifikasi dan Nilai Radius Sel

| | |
|------------------------------------|-----------|
| PL (path loss) | 122,16 dB |
| f (frequency) | 1800 MHz |
| hb (base station antenna height) | 30 m |
| hr (mobile station antenna height) | 1,5 m |
| d (cell radius) | 0,40 km |

3.3.3 Perhitungan Jumlah Site

Total jumlah site dalam *coverage dimensioning* didapat dari hasil pembagian luas daerah simulasi dengan luas sel.

Tabel 4. Jumlah Site Berdasarkan Coverage Dimensioning

| | |
|-------------------------|-----------------------|
| Area surface | 7,42 km ² |
| Cell surface | 0,312 km ² |
| Cell 3-sectoral surface | 0,936 km ² |
| Number of site | 8 site |

3.4 Capacity Dimensioning

3.4.1 Estimasi Jumlah Pengguna

Tabel 5 menunjukkan perkiraan jumlah pengguna LTE-Advanced di Kecamatan Coblong lima tahun kedepan. Berdasarkan tabel di atas, jumlah penduduk di tahun 2022 dikerucutkan lagi berdasarkan persentase usia produktif, operator *market share*, serta penetrasi pengguna teknologi LTE-Advanced.

Tabel 5. Estimasi Jumlah Pengguna

| Jumlah Penduduk Tahun 2017 | Jumlah Penduduk Tahun 2022 | Usia Produktif (69%) | Operator Market Share (35%) | LTE-A Penetration (90%) |
|----------------------------|----------------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------------|
| 113.890 | 117.115 | 80.810 | 28.284 | 25.456 |

3.4.2 Service Model, Single User Throughput, dan Network Throughput

Service model digunakan sebagai acuan untuk jumlah minimal *throughput* agar pelanggan dapat mengakses layanan tersebut. *Single user throughput* merupakan estimasi jumlah *throughput* yang dibutuhkan oleh satu pelanggan. Nilai *single user throughput* dapat berbeda untuk tiap daerah. Sementara itu *network throughput* dihitung menggunakan operasi perkalian antara estimasi jumlah pelanggan dengan *single user throughput*.

Tabel 6. Single User Throughput

| Traffic Parameters | UL | DL | Urban | | | UL | DL |
|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|------|-----------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| | Throughput/Session (Kbit) | Throughput/Session (Kbit) | Traffic Penetration Ratio | BHSA | Peak to Average Ratio | Single Service Throughput (Kbit) | Single Service Throughput (Kbit) |
| VoIP | 869,49 | 869,49 | 100% | 1.3 | 20% | 1356.41 | 1356.41 |
| Video Phone | 4421,31 | 4421,31 | 20% | 0.16 | 20% | 169.78 | 169.78 |
| Video Conference | 113690,91 | 113690,91 | 15% | 0.15 | 20% | 3069.65 | 3069.65 |
| Real Time Gaming | 11367,27 | 90952,73 | 20% | 0.2 | 20% | 545.63 | 4365.73 |
| Streaming Media | 5683,64 | 864016,36 | 15% | 0.15 | 20% | 153.46 | 23328.44 |
| IMS Signalling | 22,10 | 22,10 | 30% | 4 | 20% | 31.83 | 31.83 |
| Web Browsing | 5684,55 | 22737,27 | 100% | 0.4 | 20% | 2728.58 | 10913.89 |
| File Transfer | 85266,67 | 454751,52 | 20% | 0.2 | 20% | 4092.80 | 21828.07 |
| Email | 7105,56 | 11368,79 | 10% | 0.3 | 20% | 255.80 | 409.28 |
| P2P Sharing | 303163,64 | 909503,03 | 20% | 0.2 | 20% | 14551.85 | 43656.15 |
| Single User Throughput (Kbps) | | | | | | 7.49 | 30.31 |

Tabel 7. Network Throughput

| Item | Urban | |
|--|-----------|-----------|
| | UL | DL |
| Total Network Throughput (IP Layer) (Kbps) | 190607.44 | 771664.92 |
| Total Network Throughput (MAC Layer) (Kbps) | 194419.59 | 787098.22 |
| Total Network Throughput (MAC Layer) (Mbps) | 194.42 | 787.09822 |

3.4.3 Site Capacity

Tahap selanjutnya yaitu menghitung nilai dari *single site capacity*. *Single site capacity* merupakan perhitungan untuk mendapatkan kapasitas atau *throughput* dari satu site. Tabel 8 menunjukkan hasil perhitungan untuk *single site capacity*.

Tabel 8. Site Capacity

| Modulation | SINR Distribution | | | | Cell Throughput | | Cell Average Throughput | |
|--------------|-------------------|-----------|---------------|-----------------------|-----------------|-----------|-------------------------|--------------|
| | Code Bit | Code Rate | SINR min (dB) | SINR Probability (Pn) | UL (Mbps) | DL (Mbps) | UL (Mbps) | DL (Mbps) |
| QPSK 1/3 | 2 | 0.3 | -1.5 – 0.3 | 0.29 | 17.28 | 14.40 | 5.01 | 4.18 |
| QPSK 1/2 | 2 | 0.5 | 0.3 – 2 | 0.27 | 28.80 | 24.00 | 7.78 | 6.48 |
| QPSK 2/3 | 2 | 0.67 | 2 – 4.5 | 0.19 | 38.59 | 32.16 | 7.33 | 6.11 |
| 16 QAM 1/2 | 4 | 0.5 | 4.5 – 6 | 0.15 | 57.60 | 48.00 | 8.64 | 7.20 |
| 16 QAM 2/3 | 4 | 0.67 | 6 – 8.5 | 0.14 | 77.18 | 64.32 | 10.81 | 9.00 |
| 16 QAM 4/5 | 4 | 0.8 | 8.5 – 10.8 | 0.09 | 92.16 | 76.80 | 8.29 | 6.91 |
| 64 QAM 1/2 | 6 | 0.5 | 10.8 – 12.5 | 0.06 | 86.40 | 72.00 | 5.18 | 4.32 |
| 64 QAM 2/3 | 6 | 0.67 | 12.5 – 13.5 | 0.05 | 115.78 | 96.48 | 5.79 | 4.82 |
| TOTAL | | | | | | | 58.83 | 49.03 |

3.4.4 Perhitungan Jumlah Site

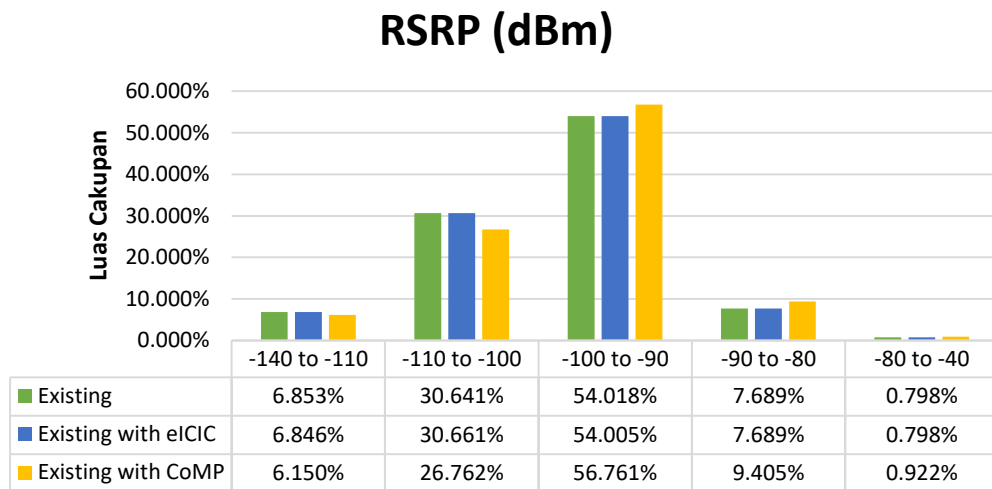
Berdasarkan semua proses yang telah dilakukan maka jumlah site berdasarkan *capacity dimensioning* dapat ditentukan. Tabel 9 menunjukkan jumlah site yang dibutuhkan pada *capacity dimensioning* pada sisi *uplink* maupun *downlink*.

Tabel 9. Jumlah Site Capacity Dimensioning

| | Uplink | Downlink |
|--------------------|--------|----------|
| Network Throughput | 194.42 | 787.10 |
| Site Capacity | 58.83 | 49.03 |
| Number of Site | 4 | 17 |

4. Simulasi dan Analisis

4.1 Hasil Simulasi Berdasarkan Parameter RSRP

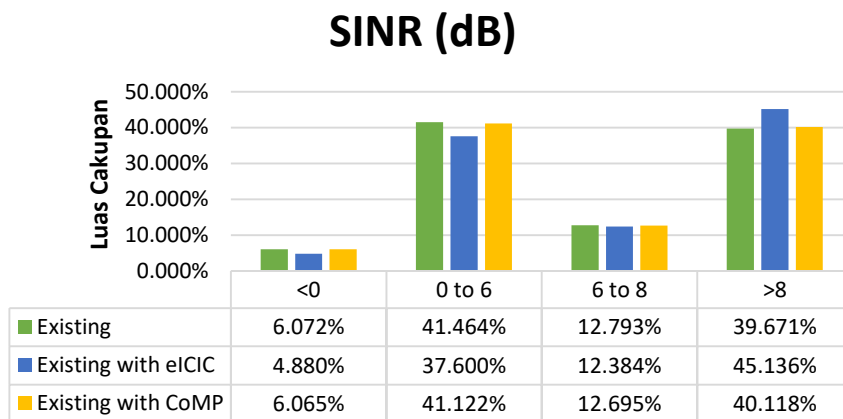


Gambar 6. Perbandingan Nilai RSRP

Berdasarkan simulasi *site existing* dengan menggunakan eICIC terlihat bahwa terdapat penurunan luas cakupan *very bad spot* yang berada dalam rentang nilai -140 sampai -110 dBm. Namun disisi lain terjadi peningkatan luas cakupan *bad spot* secara keseluruhan dalam rentang -140 sampai -100. Peningkatan ini berkisar 0,013%.

Sementara itu untuk simulasi *site existing* dengan menggunakan CoMP terdapat penurunan luas cakupan *bad spot* pada daerah simulasi. Penurunan luas cakupan *bad spot* ini mencapai 4,582% jika dibandingkan dengan simulasi *site existing* tanpa menambahkan manajemen interferensi di dalamnya.

4.2 Hasil Simulasi Berdasarkan Parameter SINR

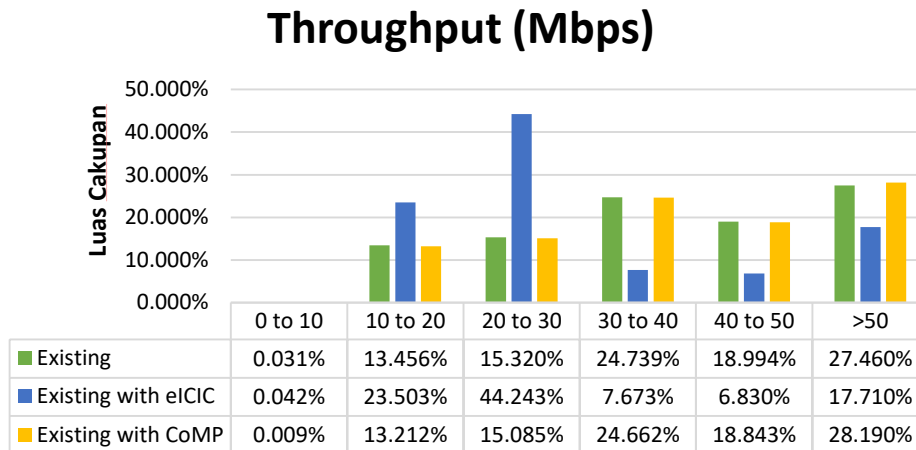


Gambar 7. Perbandingan Nilai SINR

Hasil simulasi *site existing* dengan menggunakan eICIC menunjukkan bahwa terdapat penurunan luas cakupan *bad spot* berdasarkan nilai SINR yang berada dalam rentang nilai kurang dari 0 dB. Penurunan luas cakupan *bad spot* ini mencapai 1,192% jika dibandingkan dengan simulasi *site existing* tanpa menambahkan manajemen interferensi di dalamnya. Di sisi lain terjadi peningkatan nilai SINR yang dikategorikan baik. Pada simulasi peningkatan ini mencapai 5,056% dari luas cakupan daerah simulasi.

Sementara itu untuk simulasi *site existing* dengan menggunakan CoMP terdapat penurunan luas cakupan *bad spot* pada daerah simulasi. Penurunan luas cakupan *bad spot* ini mencapai 0,007% jika dibandingkan dengan simulasi *site existing* tanpa menambahkan manajemen interferensi di dalamnya. Hasil simulasi juga menunjukkan peningkatan luas cakupan berdasarkan nilai SINR yang baik. Dari hasil yang diperoleh terjadi peningkatan sebesar 0,349% luas cakupan dari daerah simulasi.

4.3 Hasil Simulasi Berdasarkan Parameter Throughput



Gambar 8. Perbandingan Nilai Throughput

Hasil simulasi *site existing* dengan menggunakan eICIC menunjukkan bahwa terdapat peningkatan luas cakupan untuk rentang nilai *throughput* 0 sampai 10 Mbps, yaitu sebesar 0,011%. Hal ini juga menyebabkan adanya penurunan sebesar 9,740% untuk luas cakupan daerah simulasi jika dilihat pada rentang nilai *throughput* lebih dari 50 Mbps.

Sementara itu dari hasil simulasi *site existing* dengan menggunakan CoMP terjadi penurunan sebesar 0,022% luas cakupan daerah simulasi untuk rentang nilai *throughput* 0 sampai 10 Mbps. Di sisi lain terdapat peningkatan sebesar 0,73% luas cakupan untuk rentang nilai *throughput* lebih dari 50 Mbps.

4.4 Analisis Hasil Simulasi

Tabel 10. Nilai Rata-Rata

| Item | Existing | Existing + eICIC | Existing + CoMP |
|---------------------------|----------|------------------|-----------------|
| RSRP Average (dBm) | -98,76 | -98,77 | -97,96 |
| SINR Average (dB) | 7,43 | 8,03 | 7,54 |
| Throughput Average (Mbps) | 47,62 | 34,38 | 48,72 |

Skema eICIC sebagai manajemen interferensi dalam teknologi LTE-Advanced berhasil meningkatkan nilai rata-rata untuk parameter SINR yaitu sebesar 0,6 dB. Peningkatan disisi SINR ini juga lebih bagus dibandingkan dengan skema CoMP yang hanya mencatatkan peningkatan sebesar 0,11 dB.

Akan tetapi peningkatan SINR pada skema eICIC tidak sejalan nilai *throughput* rata-rata yang diperoleh. Pada skema eICIC justru terjadi penurunan *throughput* sebesar 13,24 Mbps, sedangkan untuk skema eICIC peningkatan SINR juga dibarengi dengan peningkatan nilai rata-rata *throughput* yaitu sebesar 1,10 Mbps.

Demikian halnya untuk parameter RSRP. Pada skema eICIC terdapat penurunan nilai RSRP sebesar 0,01 dBm, sedangkan pada skema CoMP nilai rata-rata RSRP meningkat sebesar 0,8 dBm.

Peningkatan SINR dan penurunan nilai rata-rata *throughput* pada skema eICIC disebabkan adanya pembagian alokasi *bandwidth* antara *cell center* dan *cell edge* sehingga kapasitas sistem menjadi lebih kecil. Selain itu konfigurasi ABS pattern juga menentukan hasil yang diperoleh.

Sementara itu, hasil positif yang diperoleh dengan skema CoMP untuk ketiga parameter disebabkan oleh adanya koordinasi sistem antara eNodeB dan UE. Koordinasi ini berimplikasi pada peningkatan nilai RSRP, SINR dan *throughput*.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari Tugas Akhir yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan skema eICIC dan CoMP ditujukan untuk mengurangi adanya interferensi khususnya bagi user di *cell edge*. Penerapan skema eICIC dan CoMP yang dilakukan dalam simulasi berhasil meningkatkan kualitas kanal transmisi, yang ditandai dengan meningkatnya nilai rata-rata SINR.
2. Berdasarkan hasil simulasi terhadap uji parameter RSRP, penggunaan skema eICIC dan CoMP dapat menurunkan luas cakupan very bad spot. Namun apabila dilihat dari rata-rata nilai RSRP, penggunaan

- skema eICIC menyebabkan penurunan nilai rata-rata sebesar 0,01 dBm sedangkan pada CoMP terjadi peningkatan sebesar 0,8 dBm.
3. Berdasarkan hasil simulasi terhadap uji parameter SINR, penggunaan skema eICIC dan CoMP berhasil menurunkan luas cakupan area bad spot, masing-masing sebesar 1,192% dan 0,007%. Sementara itu rata-rata nilai SINR pada masing-masing skema juga mencatatkan peningkatan, masing-masing sebesar 0,6 dB dan 0,11 dB.
 4. Berdasarkan hasil simulasi terhadap uji parameter *throughput*, penggunaan skema eICIC menyebabkan penurunan rata-rata nilai *throughput* sebesar 13,24 Mbps sedangkan pada skema CoMP rata-rata nilai *throughput* meningkat sebesar 1,10 Mbps.
 5. Dalam simulasi ini metode CoMP dinilai lebih baik jika dibandingkan dengan eICIC, hal ini dikarenakan peningkatan SINR juga dibarengi oleh peningkatan *throughput*.

5.2 Saran

Saran yang dapat diusulkan pada Tugas Akhir ini adalah:

1. Penggunaan tools lainnya untuk mendapat hasil pengukuran yang lebih luas terhadap skema eICIC dan CoMP.
2. Pengujian skema eICIC dapat dilakukan menggunakan konfigurasi ABS pattern yang berbeda.
3. Pengujian skema CoMP dapat dilakukan menggunakan teknik yang berbeda, seperti halnya Coordinated Scheduling dan Dynamic Point Selection.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] V. Pauli, J. D. Naranjo, and E. Seidel, "Heterogeneous lte networks and intercell interference coordination," Nomor Research GmbH, pp. 1–9, 2010.
- [2] Y. Yuan, LTE-Advanced relay technology and standardization. Springer Science & Business Media, 2012.
- [3] D. Ginting, A. Fahmi, and A. Kurniawan, "Performance evaluation of intercell interference of lte-a system using carrier aggregation and comp techniques," in 2015 9th International Conference on Telecommunication Systems Services and Applications (TSSA). IEEE, 2015, pp. 1–5.
- [4] H. Holma, A. Toskala, and J. Reunanen, "Lte and lte advanced in releases 8–11," 2015.
- [5] A. D. Saepudin, A. Fahmi, and H. Vidyaningtyas, "Analisis perencanaan jaringan lte-a dengan menggunakan coordinated multipoint di kota bandung," in e-Proceeding of Engineering : Vol.5, No.3 Desember 2018 — Page 4518. Telkom University, 2018, pp. 1–9.
- [6] F. F. Anggoro, U. K. Usman, and H. Vidyaningtyas, "Analisis performansi femtocell pada jaringan heterogen lte-advanced menggunakan metode enhanced inter-cell interference coordination," in e-Proceeding of Engineering : Vol.5, No.2 Agustus 2018 — Page 1966. Telkom University, 2018, pp. 1–8.
- [7] E. Dahlman, S. Parkvall, and J. Skold, 4G: LTE/LTE-advanced for mobile broadband. Academic press, 2013.
- [8] J. Wannstrom, "Lte-advanced," 3GPP, June, 2013.
- [9] A. S. Hamza, S. S. Khalifa, H. S. Hamza, and K. Elsayed, "A survey on intercell interference coordination techniques in ofdma-based cellular networks," IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 15, no. 4, pp. 1642–1670, 2013.
- [10] N. Katiran, N. Fisal, S. K. S. Yusof, S. M. M. Maharum, A. S. Ab Ghafar, and F. A. Saparudin, "Inter-cell interference mitigation and coordination in comp systems," in International Conference on Informatics Engineering and Information Science. Springer, 2011, pp. 654–665.
- [11] S. Sesia, I. Toufik, and M. Baker, LTE-the UMTS long term evolution: from theory to practice. John Wiley & Sons, 2011.