

ANALISIS MANAJEMEN INTERFERENSI BERBASIS KOGNITIF PADA FEMTOCELL DENGAN DISTRIBUTED CARRIER SELECTION

ANALYSIS INTERFERENCE MANAGEMENT BASED ON COGNITIVE FOR FEMTOCELL WITH DISTRIBUTED CARRIER SELECTION

Reyza Pratama¹ Arfianto Fahmi² Dharu Arseno³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹reyzapratama62@gmail.com, ²arfiantof@telkomuniversity.ac.id ³darseno@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Trafik data yang terus meningkat dari waktu ke waktu berbanding terbalik dengan kapasitas yang tersedia. Untuk pemenuhan kebutuhan tersebut hadir suatu konsep yang dianggap dapat menjadi solusinya. Konsep *femtocell* dianggap sebagai solusi menjanjikan untuk meningkatkan kapasitas serta permasalahan pada *coverage indoor*. Namun, pada *femtocell* pola penyebaran yang *unpredictable* sering kali membentuk jaringan terpusat secara praktis. Permasalahan ini terjadi karena pada *femtocell* tidak terkoordinasi satu dengan yang lainnya. Dengan alasan tersebut dibutuhkan suatu manajemen interferensi yang efisien untuk merealisasikan fungsi *femtocell* secara optimal. Pada tugas akhir ini penulis menggunakan metoda *Distributed carrier selection* sebagai manajemen interferensi. Dimana metoda ini adalah menghitung nilai interferensi secara kognitif dengan mengestimasi nilai *pathloss* antara *FAP & FUE*. Dari interferensi yang didapatkan akan dihitung besar *SCC (Secondary component carrier)* dari *PCC (Primary component carrier)* yang digunakan. Metoda ini juga memberikan peningkatan pada nilai *downlink throughput*. Metoda ini diuji dengan beberapa skenario, dan didapat besar interferensi terbesar adalah 154,280mW dan yang terkecil adalah 726,61mW. serta peningkatan nilai *downlink throughput* dengan menggunakan metoda *Distributed carrier selection* sebesar 1,94x.

Kata Kunci : Femtocell, Interferensi, Kognitif, Distributed carrier selection, Throughput.

Abstract

The increase on data traffic these days is inversely proportional to the available capacity. To meet these needs, a concept which is considered to be the solution of the problem is presented. The concept of *femtocell* is considered as a promising solution to increase capacity and coverage problems indoor. However, the unpredictable deployments pattern of *femtocell* often form a centralized network practically. This problem occurs because the *femtocell* is not coordinated with each other. For that reason, an efficient interference management is needed to objectify the purpose of *femtocell* optimally. In this thesis the author uses a method called *Distributed Carrier Selection* to manage interference. This method works by calculating the value of interference cognitively by estimating the value of *pathloss* between *FAP & FUE*. From interference obtained will be calculated the value of *SCC (Secondary Component carrier)* from *PCC (Primary Component carrier)* used. This method also provides an increase in the value of *downlink throughput*. This method was tested with several different scenarios, it is known that the biggest value of interference is 154,280mW and the smallest is 726,61mW. Also, the increase in *downlink throughput* by using the *Distributed Carrier Selection* method is 1,94 times its initial size.

Keywords : Femtocell, Cognitive Interference, Distributed carrier selection, Throughput

1. Pendahuluan

Teknologi *femtocell* termasuk dalam standar teknologi 3GPP LTE Advance [1], serta pada standar IEEE 801.16m [5]. Konsep *femtocell* dikembangkan sebagai sel dengan *base station* kecil dan *low cost* dengan *range* (10 – 30 m) atau yang dikenal sebagai *Home-eNodeB (HeNB)* [7]. Pada era

mobilitas seperti sekarang ini, 50 % lebih pengguna seluler dan 70% lebih trafik data berada pada *coverage indoor* [4].

Berdasarkan fakta tersebut, *high coverage indoor* serta peningkatan kapasitas menjadi *challenge* tersendiri untuk para operator seluler. Dilihat dari segi fungsi HeNB memiliki kesamaan dengan *Macro-eNodeB* (MeNB). Namun, proses transmisi pada HeNB secara signifikan menekan biaya *overhead*. Hal tersebut terjadi karena HeNB hanya memiliki area cakupan yang kecil serta penggunaan daya *transmit* yang hanya untuk memenuhi *coverage* tersebut [2]. Bisa dikatakan *femtocell* mengurangi penambahan sel, karena *femtocell* sendiri merupakan hasil *reuse* spektrum dari *macrocell* [2].

Pada dasarnya, konsep *femtocell* dibuat secara *ad-hoc* tanpa koordinasi antara *femtocell* satu dengan *femtocell* lainnya [4]. Berdasarkan model jaringan tersebut, seringkali terbentuk pola penyebaran yang *unpredictable* yang berdampak terbentuknya jaringan terpusat secara praktis [7]. Hal ini akan mengakibatkan terjadinya interferensi antara HeNB satu dengan yang lainnya. Namun mengingat jumlah *femtocell* yang sangat banyak, menjaga jaringan ini tidak efisien melalui *manual setting* seperti pada jaringan konvensional dalam hal ini *macrocell* [4].

Terdapat beberapa penelitian terkait untuk mengatasi masalah interferensi antar HeNB. Pada penelitian [6] manajemen interferensi pada *femtocell* dilakukan dengan menggunakan metoda *Adaptive Frequency Reuse* dengan hasil yang didapat cukup baik, hanya saja penggunaan metoda ini lebih cocok pada *femtocell* yang saling *overlay*. Selanjutnya, pada penelitian [3] digunakan manajemen interferensi dengan metoda *Autonomous Component Carrier Selection*. Metoda ini bersifat *autonomous* pada *component carrier* yang digunakan, pada penerapannya metoda ini tidak memperhitungkan level interferensi yang terjadi antar HeNB. Untuk memberikan perbaikan pada penelitian di atas, tugas akhir ini dibentuk jaringan *femtocell self organizing* dengan menggunakan metoda *Distributed Carrier Selection* (DCS). Metoda DCS ini secara *autonomous* dapat mengidentifikasi kebutuhan untuk perubahan posisi dan konfigurasi *node* akses, serta penggunaan nilai *pathloss* sebagai estimasi nilai interferensi bersama [3].

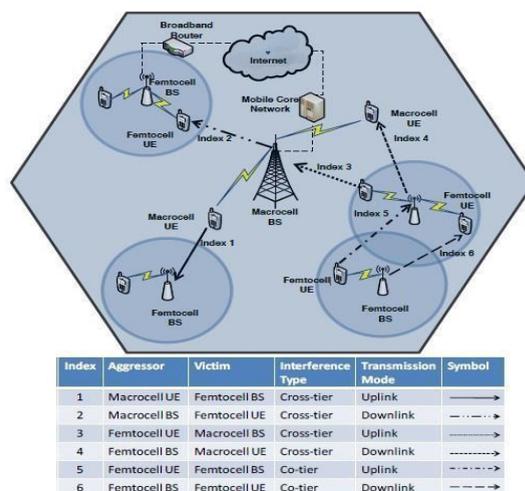
2. Dasar Teori dan Perancangan

2.1 Femtocell

Femtocell atau biasa dikenal juga dengan *access point base station* adalah *base station* berukuran kecil yang digunakan untuk *coverage indoor*. *Femtocell* merupakan *base Station* kecil, berdaya rendah, murah, berjarak pendek, dan bersifat *plug and play*. Konsep *femtocell* ini dapat diterapkan pada standar yang ada seperti GSM, CDMA2000, *Time Division Synchronous Multiple Access* (TD-SCMA), LTE, dan WiMAX. Manfaat dari *femtocell* ini bagi operator ada pada sisi *coverage*, kapasitas, dan *low cost* [8].

2.2 Interferensi Pada Femtocell

Berdasarkan penelitian [9] penggunaan *femtocell* secara acak pada suatu *coverage area* dapat menimbulkan interferensi baik sesama *femtocell* ataupun pada sel lain yang lebih besar seperti *macrocell*. Pada Gambar 2.1 terlihat berbagai jenis interferensi yang terjadi.



Gambar 2.1 Jenis interferensi pada *Femtocell* [9]

2.2.1 Interferensi Co-Tier

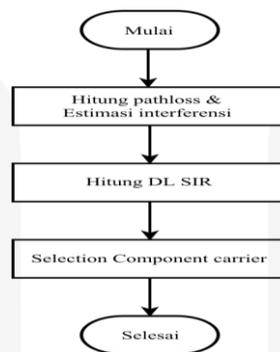
Jenis interferensi ini terjadi pada elemen yang memiliki tingkatan yang sama. Pada kasus *femtocell*, interferensi jenis ini terjadi antara *femtocell* dengan *femtocell* tetangganya. Interferensi *co-tier* ini terbagi menjadi *co-tier uplink* dan *co-tier downlink*. *Co-tier uplink* terjadi saat FUE menyebabkan interferensi pada HeNB tetangga, sedangkan *co-tier downlink* adalah interferensi yang berasal dari HeNB terhadap FUE tetangga[9].

2.2.2 Interferensi Cross-Tier

Pada interferensi *cross-tier*, terjadi interferensi antara elemen yang memiliki tingkatan berbeda. Pada kasus *femtocell*, interferensi ini terjadi antara *femtocell* dengan *macrocell*. Namun, biasanya interferensi dilakukan oleh *base station* pada *macrocell* terhadap *user* di *femtocell* [9].

2.3 Distributed Carrier Selection

Metoda *Distributed Carrier Selection* (DCS) adalah salah satu metoda manajemen interferensi pada *femtocell* yang berbasis kognitif. Pengertian kognitif pada metoda ini adalah nilai interferensi didapat secara kognitif melalui perhitungan *pathloss* antara FAP dan FUE yang dipengaruhi oleh FAP tetangganya. Melalui penggunaan metoda ini, nilai interferensi akan diolah untuk pendistribusian spectrum dalam bentuk CC. Pendistribusian CC ini menurut penelitian [7] dikenal dengan sebutan PCC dan SCC. PCC adalah *component carrier* pertama yang digunakan saat jaringan *femtocell* saling bertukar data. Jika PCC dianggap tidak dapat lagi memenuhi kebutuhan, maka akan dipilih *component carrier* lainnya yang disebut SCC. Nilai SCC akan memberikan peningkatan berdasarkan nilai DLT yang dihasilkan. Manajemen interferensi yang digunakan pada tugas akhir ini dapat dilihat pada Gambar 2.2 mengenai alur metoda DCS.



Gambar 2.2 Flowchart metoda *Distributed Carrier Selection*

Pada metoda *Distributed carrier selection* terdapat tiga proses, yaitu :

1. Perhitungan *pathloss* dan estimasi interferensi

Proses ini dilakukan saat jaringan *femtocell* siap digunakan. Pada kondisi ini, HeNB telah memilih *component carrier* sebagai PCC. Sesuai dengan judul pada tugas akhir ini, estimasi interferensi dilakukan secara kognitif dengan melakukan perhitungan *pathloss* dari FAP ke FUE:

1. Kekognitifan berdasarkan perhitungan dan laporan nilai *pathloss*

Diasumsikan Terdapat dua HeNB yang dinotasikan sebagai berikut [7] :

$$\begin{matrix}
 \text{HeNB pada femtocell } j & \& & \text{HeNB pada femtocell } k \\
 \text{HeNB pada femtocell } k & & & \text{HeNB pada femtocell } j
 \end{matrix}
 \tag{2.1}$$

Keterangan :

- HeNB pada femtocell j
- HeNB pada femtocell k

Pada masing - masing HeNB terdapat satu *user* (FUE) dengan notasi

$$P_{i,j} = \frac{P_{i,j}}{d_{i,j}^\alpha} \tag{2.2}$$

$$P_{i,j} = \frac{P_{i,j}}{d_{i,j}^\alpha} \tag{2.3}$$

Keterangan :

U_i : User pada coverage C_i
 U_j : User pada coverage C_j

Perhitungan *pathloss* dari C_i kepada C_j dinotasikan dengan

$$P_{i,j} \tag{2.4}$$

Perhitungan *pathloss* dari C_i kepada C_j dinotasikan dengan

$$P_{i,j}, i \neq j \tag{2.5}$$

2. Pada proses selanjutnya. Dilakukan perhitungan DL SIR untuk C_i & C_j [7].

$$SIR_i = \frac{P_{i,i}}{\sum_{j \in \Delta} P_{i,j}} \tag{2.6}$$

$$SIR_j = \frac{P_{j,j}}{P_{j,i} + \sum_{k \in \Delta} P_{j,k}} \tag{2.7}$$

3. Selection component carrier

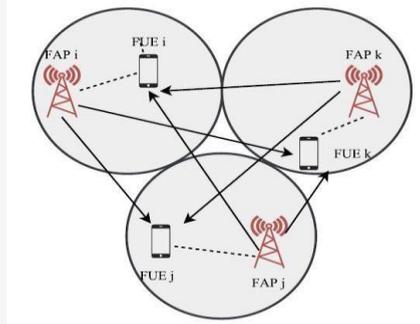
Pengunaan PCC diawal pentransmisian selanjutnya akan ditentukan *secondary component carrier* dengan Menggunakan nilai DLII (*DL Interference Impact*) yang diformulasikan sebagai berikut [7].

$$DLII_i = \frac{P_{i,i}}{P_{i,i} + \sum_{j \in \Delta} P_{i,j}} \tag{2.8}$$

$$DLII_j = \frac{P_{j,j}}{P_{j,i} + \sum_{k \in \Delta} P_{j,k}} \tag{2.9}$$

2.4 Model Sistem

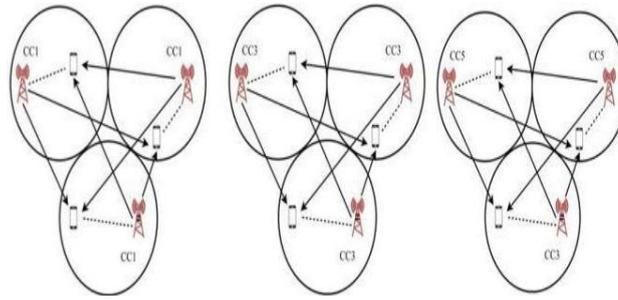
Pemodelan sistem yang digunakan adalah jaringan *femtocell* yang saling *adjacent* satu dengan lainnya, dimana interferensi dapat dilakukan oleh suatu HeNB terhadap FUE tetangganya. Model sistem yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2.3



Gambar 2.3 Model Sistem

Berdasarkan Gambar 2.3, C_i dilayani oleh U_i , namun FUE tersebut dapat terinterferensi oleh C_k dan C_j . Hal tersebut berlaku untuk seluruh FAP dan FUE yang berada dalam layout sehingga menyebabkan terjadinya interferensi *co-tier*. Proses selanjutnya, besaran nilai interferensi yang terjadi didapat secara kognitif dengan menghitung nilai *pathloss* antara FAP dan FUE.

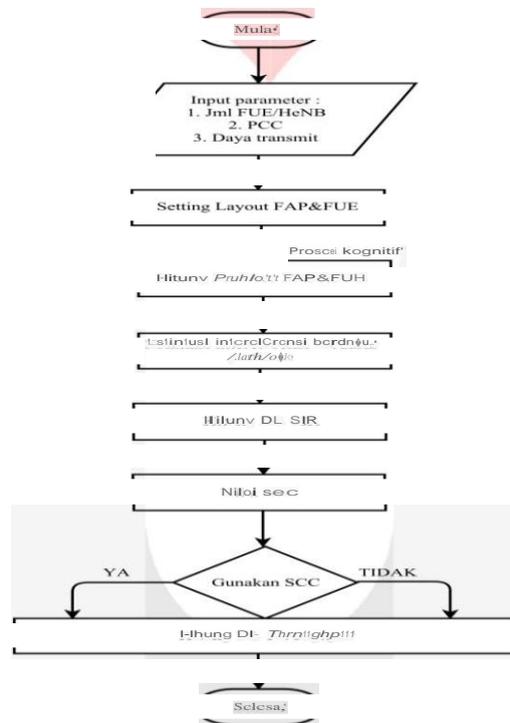
Berdasarkan ketentuan pada LTE-Advance, *bandwidth* maksimum sistem ditentukan sebesar 100 MHz, sedangkan *bandwidth* untuk tiap kanal sebesar 20 MHz. Banyak kanal yang digunakan pada sistem disebut *component carrier* (CC). Model sistem yang dirancang hanya menggunakan satu jenis CC atau disebut PCC untuk seluruh HeNB yang terdaftar dalam layout. Alokasi PCC untuk HeNB dalam layout terlihat pada Gambar 2.4 dibawah ini.



Gambar 2.4 Alokasi PCC untuk HeNB

2.5 Perancangan Sistem

Berdasarkan model sistem yang ada, maka sistem dirancang sebagai berikut. Proses perancangan sistem digambarkan pada Gambar 2.5 dibawah ini, serta parameter simulasi yang digunakan pada Tabel 2.1 dibawah ini.



Gambar 2.5 Diagram Alir perancangan

Tabel 2.1 Parameter simulasi

Parameter	Nilai
Layout	1 lantai, 16 Room (10mx10m)
Sistem Operasi	Frekuensi carrier 3,4 GHz Bandwith maksimum 100MHz
Jml HeNB/room	1
Jml FUE/HeNB	1,5,10
Femtocell mode akses	CSG
Bandwith Component carrier	PCC :CC5 (100MHz), CC3(60MHz) CC1(20MHz)
Model trafik	Full Buffer
Daya Transmit HeNB	200 mW (23dBm)

Berdasarkan parameter yang ditentukan, secara keseluruhan skenario simulasi yang diterapkan sebagai berikut :

1. Untuk 4 HeNB aktif
 User tiap HeNB sebanyak (1,5, dan 10)
 PCC yang digunakan (CC1, CC3, dan CC5)
2. Untuk 8 HeNB aktif
 User tiap HeNB sebanyak (1,5, dan 10)
 PCC yang digunakan (CC1, CC3, dan CC5)
3. Untuk 12 HeNB aktif
 User tiap HeNB sebanyak (1,5, dan 10)
 PCC yang digunakan (CC1, CC3, dan CC5)
4. Untuk 16 HeNB aktif
 User tiap HeNB sebanyak (1,5, dan 10)
 PCC yang digunakan (CC1, CC3, dan CC5)

3. Hasil dan Analisis

3.1 Analisa nilai interferensi dari estimasi pathloss

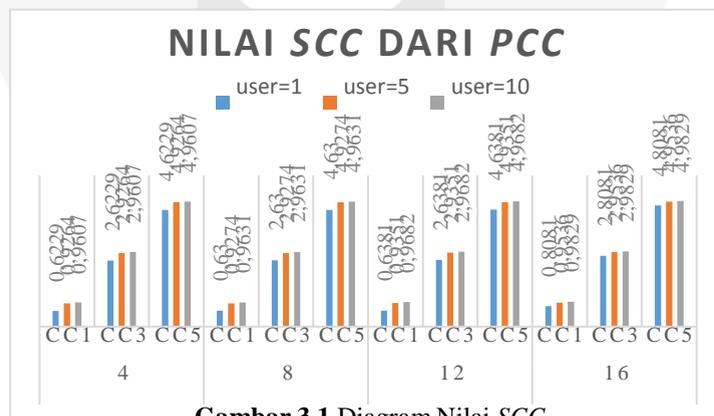
Nilai interferensi yang dihasilkan merupakan estimasi dari nilai *pathloss* antara FAP dan FUE yang dipengaruhi oleh FAP disekitarnya. Nilai interferensi yang dihasilkan pada simulasi dapat dilihat pada Tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3.1 Nilai interferensi

Jml user/HeNB	Jml HeNB aktif			
	4	8	12	16
1	726,61	3.508	8.357	15.475
5	3.754	17.354	41.821	76.907
10	7.436	35.141	83.439	154.280

Berdasarkan Tabel 3.1 terlihat bahwa nilai interferensi selalu mengalami peningkatan terhadap jumlah *user* yang ada di setiap HeNB. Hal ini disebabkan karena nilai *pathloss* yang dihitung antara FAP dengan FUE juga dipengaruhi oleh FAP sekitar. Perhitungan terhadap nilai interferensi diperoleh dengan menjumlahkan seluruh estimasi *pathloss* dari FAP terhadap FUE yang ada. Gambar 3.1 menunjukkan hasil simulasi nilai interferensi berdasarkan estimasi *pathloss*.

3.2 Analisa terhadap nilai SCC dari PCC yang digunakan



Gambar 3.1 Diagram Nilai SCC

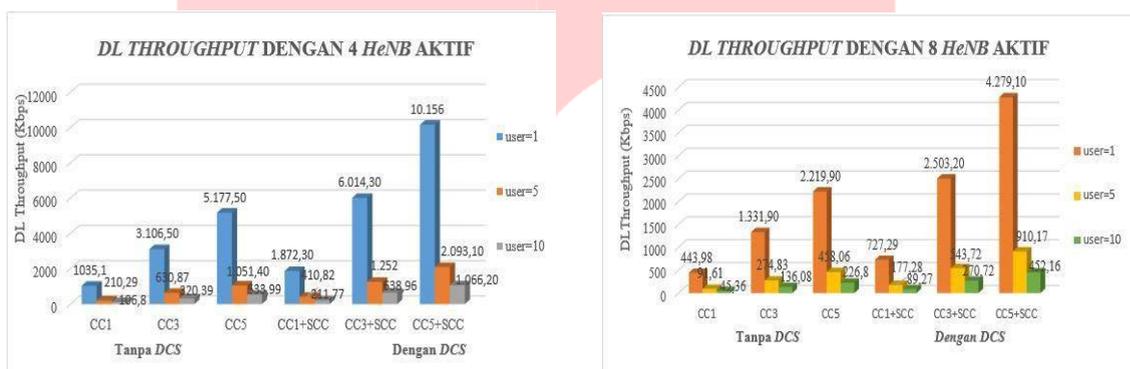
Berdasarkan Gambar 3.1 dapat dilihat bahwa nilai SCC cenderung mengalami peningkatan terhadap jumlah *user/HeNB*, jumlah HeNB aktif, dan nilai PCC yang digunakan. Ditinjau berdasarkan jumlah *user* yang digunakan, ketika satu *user* diubah menjadi lima *user* terjadi peningkatan sebesar 1,18 kali, pada saat lima *user* diubah menjadi sepuluh *user* peningkatan rata rata sebesar 1,01 kali. Namun, jika ditinjau dari jumlah HeNB yang aktif, ketika HeNB aktif

berjumlah 4 diubah menjadi 8 maka terjadi peningkatan sebesar 1,027 kali , pada saat 8 HeNB aktif dinaikan menjadi 12 yang aktif maka peningkatannya 1,017 kali, sedangkan ketika HeNB aktif diubah berjumlah 16 peningkatan rata ratanya adalah 1,019 kali. Variasi peningkatan pada SCC berdasarkan PCC yang digunakan adalah saat CC1 diubah ke CC3 maka peningkatan rata rata 3,45 kali, sedangkan saat CC3 dinaikan menjadi CC5 terjadi peningkatan rata rata sebesar 1,71 kali.

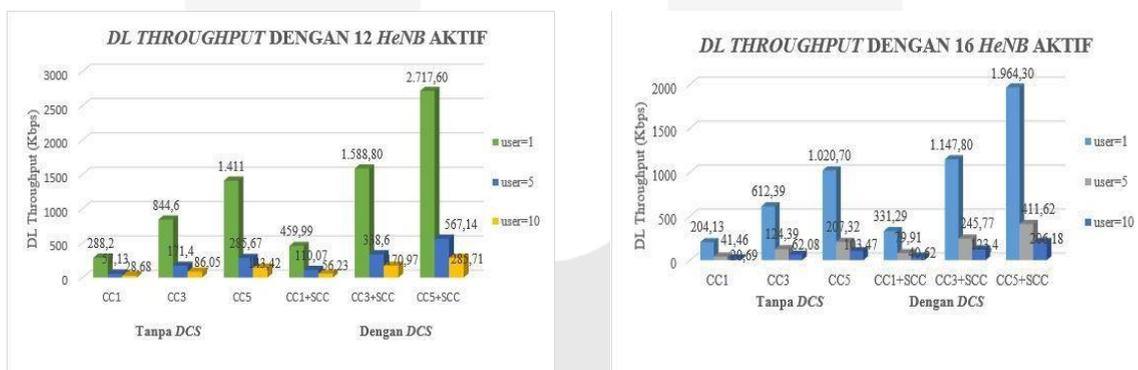
Peningkatan nilai SCC berdasarkan parameter *input* dikarenakan proses untuk mendapatkan nilai SCC dengan *manage* nilai interferensi. Semakin besar nilai interferensi maka DL SIR yang dihasilkan semakin kecil. Hal ini berdampak pada nilai *SIRtarget* dan DLII yang dihasilkan semakin mengecil. Berdasarkan perhitungan, diketahui bahwa SCC didapat dengan mengurangi nilai DLII terhadap nilai PCC. Nilai SCC ini berbanding terbalik dengan DLII , serta berbanding lurus terhadap interferensi yang terjadi.

3.3 Analisa pengaruh DCS terhadap DL Throughput

Peningkatan nilai DL *Throughput* untuk seluruh skenario dari hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3 dibawah ini.



Gambar 3.2 Diagram DL *Throughput* seluruh skenario 4 dan 18 HeNB aktif



Gambar 3.3 Diagram DL *Throughput* seluruh skenario 12 dan 16 HeNB aktif

Dapat terlihat bahwa seluruh nilai DLT mengalami peningkatan, serta jumlah *user* dan jumlah HeNB memberikan penurunan yang signifikan terhadap DLT yang dihasilkan. Namun, penggunaan metoda DCS sebagai manajemen interferensi yang digunakan memberikan peningkatan DLT yang cukup signifikan. Peningkatan ini disebabkan karena DLT tanpa menggunakan metoda DCS hanya menggunakan PCC sebagai *component carrier transmit* nya. Penggunaan PCC berdampak terhadap penurunan DLT yang dihasilkan. Pada simulasi DLT dengan menggunakan DCS melibatkan SCC yang didapat selain PCC itu sendiri. Hasil yang didapat terjadi peningkatan nilai DLT. Berdasarkan rata - rata peningkatan terhadap DLT yang dihasilkan pada seluruh skenario terjadi peningkatan terbesar saat jumlah *user* maksimum yaitu sepuluh *user*. Hal ini disebabkan karena semakin banyak *user* yang terlibat, maka *transmit* data yang dilakukan juga akan meningkat sehingga peningkatan rata-rata DLT menjadi lebih besar.

4. Kesimpulan

Dari simulasi yang telah dilakukan, maka kesimpulan pada tugas akhir ini adalah:

1. Nilai interferensi yang didapat berbanding lurus terhadap Jumlah *user*/HeNB dan HeNB yang aktif. Nilai interferensi terkecil 726,61 mW dan nilai interferensi terbesar 154.280 mW
2. Nilai SCC sebanding dengan jumlah *user*, jumlah HeNB aktif dan PCC yang digunakan. Hasil simulasi menunjukkan nilai SCC terkecil yang didapat adalah 0,6229 sedangkan yang terbesar adalah 4,9829.
3. Metoda *Distributed carrier selection* sebagai manajemen interferensi yang digunakan terbukti signifikan meningkatkan *DL throughput* pada *femtocell*, dengan peningkatan rata rata keseluruhan skenario adalah 1,94 kali dibandingkan tanpa menggunakan metoda *Distributed carrier selection*.
4. Pada Skenario HeNB aktif sebanyak 4, peningkatan rata-rata DLT sebesar 1,93 kali dibandingkan tanpa menggunakan metoda *Distributed carrier selection*
5. Pada Skenario HeNB aktif sebanyak 8, peningkatan rata-rata DLT sebesar 1,94 kali dibandingkan tanpa menggunakan metoda *Distributed carrier selection*
6. Pada Skenario HeNB aktif sebanyak 12, peningkatan rata-rata DLT sebesar 1,96 kali dibandingkan tanpa menggunakan metoda *Distributed carrier selection*.
7. Pada Skenario HeNB aktif sebanyak 16, peningkatan rata-rata DLT sebesar 1,93 kali dibandingkan tanpa menggunakan metoda *Distributed carrier selection*
8. Jumlah *user*/HeNB dan HeNB aktif berbanding terbalik dengan nilai *DL Throughput* yang dihasilkan.

Saran

Saran penulis untuk penelitian lebih lanjut adalah

1. Daya *transmit* untuk tiap HeNB dapat dibuat bervariasi.
2. Mode akses *femtocell* yang digunakan dapat diganti dengan *Open Subscriber Group (OSG)*
3. Dapat dibandingkan dengan metoda lain yang sama-sama memiliki prinsip *autonomous* untuk manajemen interferensi

Daftar Pustaka :

- [1] 3GPP; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access; Medium Access Control Protocol Specification, (Release 8), 3GPP Std. TS 36.321 v9.1.0, Jan. 2010.
- [2] M. Alouini and A. Goldsmith, "Area Spectral Efficiency of Cellular Mobile Radio Systems," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 48, no. 4, pp. 1047–1066, July 1999
- [3] L. Garcia, K. Pedersen, and P. Mogensen, "Autonomous Component Carrier Selection: Interference Management in Local Area Environments for LTE-Advanced," *IEEE Communications Magazine*, vol. 47, no. 9, pp. 110–116, Sept. 2009
- [4] V. Chandrasekhar and J. Andrews "Femtocell Networks: A Survey," *IEEE Communications Magazine*, vol. 46, no. 9, pp. 59–67, Sept. 2008.
- [5] IEEE 802.16m System Description Document, IEEE Std. 802.16m, Sept. 2009
- [6] C. Bouras, G.Kavourgias, V.Kokkinos , A. Papazois, "Interference Management in LTE Femtocell Systems Using an Adaptive Frequency Reuse Scheme ", *Wireless Telecommunication Symposium (WTS)*, Pages: 1-7, 2012
- [7] L.Zhang, L.Yang, T.Yang , "Cognitive Interference Management For LTE-A Femtocells With Distributed Carrier Selection ", *Vehicular Technology Conference Fall (VTZ 2010-Fall)*, , *IEEE 72nd*, Pages. 1-5. April 2010
- [8] M. F. Rachman, Analisis Penggunaan Metoda Penjadwalan Frekuensi Untuk Mengatasi Interferensi pada Jaringan LTE Femtocell, Bandung: Telkom University 2011.
- [9] N. Saquib, E. Hossain, B. L. Le and D. i. Kim, "Interference Management in OFDM, Femtocell Networks: Issues and Approaches" *IEEE Wireless Communications*, vol 19, no. 3, pp. 86-95, 2012.