

SIMULASI DAN ANALISIS MANAJEMEN INTERFERENSI PADA LTE FEMTOCELL BERBASIS *SOFT FREQUENCY REUSE*

Pitkahismi Wimadatu ¹⁾, Uke Kurniawan Usman ²⁾, Linda Meylani ³⁾

^{1),2),3)} Teknik Telekomunikasi, Telkom University Bandung
Jl. Telekomunikasi Terusan Buah Batu Bandung 40257
Email : pitkahsm@gmail.com

Abstrak . Proses pengiriman dan penerimaan daya yang terjadi di dalam ruangan dapat menimbulkan pelemahan daya yang dikarenakan komunikasi antara transmitter dan receiver tidak Line of Sight. Femtocell atau Home eNodeB (HeNB) mampu menjadi solusi untuk menanggulangi terjadinya pelemahan daya pada komunikasi indoor yang menyebabkan penurunan nilai QoS (Quality of Service). Hingga saat ini, belum ada regulasi yang jelas mengenai implementasi femtocell, sehingga instalasi femtocell masih secara acak. Hal ini berakibat pada besarnya kemungkinan terjadinya interferensi antar femtocell yang dapat mempengaruhi proses penerimaan data. Guna mengatasi masalah interferensi antar femtocell, maka dilakukan manajemen interferensi menggunakan metode Soft Frequency Reuse. Metode yang diajukan menunjukkan kemampuan mengatasi interferensi setelah disimulasikan menggunakan metode SFR dilihat dari nilai SINR yang diperoleh oleh masing-masing user. Rata-rata nilai SINR yang didapat setelah menggunakan metode ini adalah 19.91 dB pada cell edge dan 17.775 dB pada cell center.

Kata kunci: Soft Frequency Reuse, LTE Femtocell, manajemen interferensi.

1. Pendahuluan

Berdasarkan penelitian pada [1], lebih dari 50% komunikasi telepon dan lebih dari 70% komunikasi data terjadi di dalam ruangan. Dari fakta ini, dapat disimpulkan bahwa lingkungan *indoor* membutuhkan *data rate* yang tinggi untuk mendapatkan kualitas sinyal seluler yang baik. Hal ini mendorong penelitian-penelitian yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas sinyal di dalam ruangan. Femtocell kemudian hadir sebagai salah satu solusi untuk masalah penurunan kualitas sinyal di dalam ruangan. Hal ini dikarenakan eNB atau *macrocell* memiliki keterbatasan dalam mencakup wilayah yang mendapatkan kualitas sinyal yang buruk, terutama pada *macrocell* bagian *cell edge*.

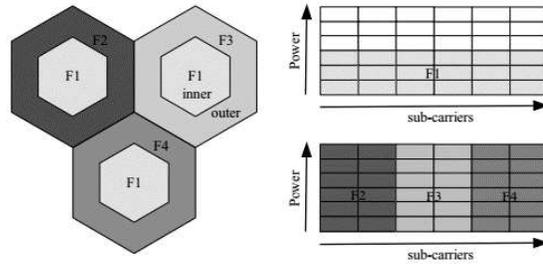
Tujuan utama dari femtocell adalah untuk menyediakan cakupan *private mobile* di dalam ruangan. Namun, salah satu masalah dari instalasi femtocell adalah adanya masalah interferensi yang berpusat pada interferensi antara *macrocell* dengan femtocell serta antara femtocell itu sendiri. Interferensi antar femtocell sendiri diakibatkan oleh belum adanya regulasi yang mengatur mengenai instalasi femtocell. Sehingga dalam penerapannya, femtocell masih diinstall secara *random*, hal ini sangat memicu terjadinya interferensi antar femtocell. Guna mengatasi masalah interferensi yang sangat rentan terjadi pada femtocell, maka dilakukan proses manajemen interferensi. Dalam penelitian ini, metode yang digunakan untuk manajemen interferensi pada LTE femtocell adalah SFR atau *Soft Frequency Reuse*, dimana seluruh spektrum frekuensi dapat digunakan pada setiap sel.

o Soft Frequency Reuse

Soft Frequency Reuse adalah skema frekuensi reuse dimana area cakupan *macrocell* dibagi menjadi 2 area, yaitu *cell edge* dan *cell center*. Selain pembagian cakupan area sel, pada SFR juga dilakukan pembagian frekuensi dan juga daya yang harus direncanakan dengan baik untuk mendapatkan kinerja yang baik.

Kelebihan skema SFR adalah *intercell interference* (ICI) yang rendah, kinerja yang baik pada *cell edge*, setiap sektor menggunakan semua *bandwidth* yang tersedia, dan juga memiliki kapasitas per-

sektor yang besar. Sedangkan, kekurangan dari SFR sendiri adalah perencanaan frekuensinya cukup kompleks dan membutuhkan *frequency scheduling* untuk mengurangi interferensi antar sektor.



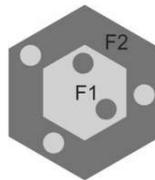
Gambar 15. Skema *Soft Frequency Reuse* [2]

Metode SFR belakangan ini dipertimbangkan sebagai salah satu metode yang paling efektif dalam strategi perencanaan frekuensi untuk mengurangi terjadinya ICI pada sistem komunikasi seluler. SFR pertama kali dikenalkan pada teknologi GSM yang kemudian diadopsi oleh 3GPP untuk *framework* LTE dengan tujuan untuk menyediakan kinerja yang lebih baik bagi pengguna yang berada di sekitar lingkup sel. Pembagian sel dalam SFR mempengaruhi frekuensi *reuse* yang digunakan, daya pancar, dan juga penggunaan *subcarrier*. Pada *cell edge*, menggunakan skema frekuensi *reuse* yang lebih besar lebih dari satu dan menggunakan daya pancar P, sedangkan pada *cell center*, frekuensi *reuse* yang digunakan adalah frekuensi *reuse* 1 dengan daya pancar P_0 , dimana P_0 lebih kecil daripada P. [3] Untuk alokasi *subcarrier* yang digunakan pada masing-masing bagian sel dapat dilihat seperti pada gambar 1.

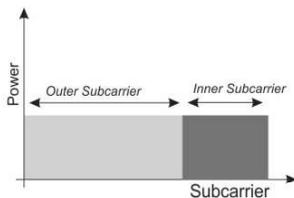
o **Frekuensi *Planning* pada *Femtocell* Berbasis SFR**

Penelitian ini mengajukan skema SFR pada *femtocell* untuk mengurangi terjadinya ICI pada komunikasi *downlink*, dengan asumsi interferensi yang terjadi antara *femtocell* dengan *macrocell* telah dimanajemen, sehingga makalah ini hanya meneliti interferensi yang terjadi antar *femtocell* yang (c) *Resouce allocation* pada *femtocell*

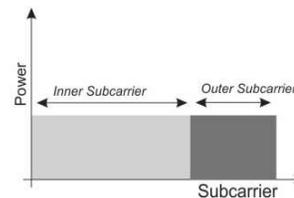
disebar pada lingkungan *macrocell* seperti yang terlihat pada gambar 2:



(a) Persebaran femtocell pada macrocell berbasis skema SFR



b) *Resource allocation* pada macrocell



(c) *Resouce allocation* pada femtocell

Gambar 16. Skema *frequency planning* pada *femtocell* dan *macrocell* berbasis SFR [2]

Macrocell dibagi menjadi 2 bagian, yaitu *cell edge* dan *cell center*, sedangkan lingkaran kecil merepresentasikan *femtocell* yang disebar pada *macrocell* seperti yang terlihat pada gambar 2(a), dimana *outer femtocell* disebar pada *cell edge* dan *inner femtocell* disebar pada *cell center*. Gambar

2(b) menunjukkan *resource allocation* pada *macrocell* untuk arah *downlink* menggunakan skema SFR. Apabila *macrocell* menggunakan seluruh *band* frekuensi di *cell center*, maka CCI (*co-channel interference*) antara *macrocell* dan *femtocell* dapat terjadi. Hal ini pun berlaku untuk *femtocell*, ketika *femtocell* menggunakan seluruh *band* frekuensi seperti yang digunakan pada skema frekuensi *reuse 1*, maka MUE (*macrocell user equipment*) akan turun kinerjanya dikarenakan interferensi yang terjadi karena *femtocell*. CCI akan berujung pada penurunan kapasitas sel, dan juga meningkatkan nilai P_{outage} dari MUE dan juga FUE (*femtocell user equipment*). [2]

o Model Sistem

Penelitian ini meninjau transmisi arah *downlink* pada jaringan LTE menggunakan 1 *macrocell* berbasis SFR, dimana C_{center} adalah jumlah FAP yang disebar pada *cell center* dan C_{edge} adalah jumlah FAP yang disebar pada *cell edge*, dengan C_{edge} lebih besar daripada C_{center} untuk meningkatkan QoS sistem. Model sistem yang disimulasikan diasumsikan bahwa terdapat sejumlah $N_{\text{center user}}$ yang disebar pada *cell center* dan $N_{\text{edge user}}$ yang disebar pada *cell edge*.

Total *bandwidth* sistem dengan $N_{\text{SC subcarrier}}$ dibagi menjadi sejumlah frekuensi *band* yang tidak *overlap* satu sama lain. Setiap FAP memilih beberapa *band* frekuensi sebagai *outer subcarrier* sc_{edge} , dan juga *inner subcarrier* sc_{center} . Daya transmit *outer* dan *inner subcarrier* masing-masing dinotasikan dengan p_{edge} dan p_{center} . [2] Kualitas kanal dari masing-masing *subcarrier* untuk tiap-tiap *user* dibedakan berdasarkan nilai *rayleigh fading* dan juga *shadowing* yang diatur secara random, sedangkan untuk nilai *path loss* ditentukan oleh lokasi *user* terhadap FAP yang melayaninya.

Pada komunikasi seluler, nilai daya terima dari setiap *user* berbanding terbalik terhadap jarak antara *user* tersebut dengan FAP yang melayaninya. [5] Model *path loss* yang digunakan untuk menentukan nilai *loss* yang disebabkan oleh jarak antara *user* dengan FAP adalah COST-231 *Multiwall* yang dirumuskan dalam Persamaan (1).

$$PL = 37 + 32 \log\left(\frac{d}{1000}\right) + L_{\text{walls}} \text{ dBm} + \psi_{\text{in}} \text{ dBm} \quad [6] \quad (1)$$

Dengan d adalah jarak antara *user* dengan FAP yang melayaninya dalam meter, L_{walls} adalah *loss* yang disebabkan oleh redaman dinding, dan ψ_{in} adalah *indoor shadowing* yang berdistribusi log-normal.

Penelitian ini hanya meninjau interferensi antar *femtocell* pada area cakupan *macrocell* yang sama. Perbandingan antara level sinyal terima terhadap total daya interferensi pada *user* yang sedang diamati dan varians *thermal noise* disebut dengan SINR. Untuk *user* pada area cakupan *macrocell* yang sama, nilai SINR untuk setiap *subcarrier* dapat dituliskan melalui Persamaan (2).

$$SINR = \frac{P_{m,n} \cdot g_{m,n}}{\sum_{j \in \text{neighbouring cell}} P_{j,n} \cdot g_{j,n} + N_0} \quad [6] \quad (2)$$

Dengan $P_{m,n}$ merepresentasikan daya terima *user* setelah mengalami *path loss* untuk *user* m pada *subcarrier* n dari *femtocell* yang melayaninya, sedangkan $P_{j,n}$ merepresentasikan daya interferensi yang diterima oleh *user* m dari *femtocell* j . $g_{m,n}$ dan $g_{j,n}$ masing-masing merepresentasikan nilai penguatan kanal dari *user* m untuk *femtocell* yang melayaninya dan juga *femtocell* tetangga j , sedangkan N_0 merepresentasikan nilai varians *thermal noise*. [6]

Skenario simulasi dirancang untuk menganalisis pengaruh jarak antara *user* ke FAP yang melayaninya terhadap nilai SINR. Pada penelitian ini, diasumsikan interferensi antara *femtocell* dan *macrocell* telah dimanajemen, sehingga fokus utama terdapat pada unferferensi antara *femtocell*, yang disebabkan oleh belum adanya regulasi yang mengatur mengenai persebaran *femtocell*, yang kemudian menyebabkan interferensi antar *femtocell* sulit untuk dikontrol.

Pada skenario manajemen interferensi ini, *user* dan *femtocell* disebar secara acak pada cakupan *macrocell*. Setiap *femtocell* menggunakan daya transmit yang sama dan menggunakan pita frekuensi

yang dibagi-bagi berdasarkan kebutuhan. Nilai p_{edge} dan p_{center} ditentukan oleh nilai *power ratio*, dimana nilai p_{edge} dapat dihitung berdasarkan pada Persamaan (3).

$$P_{edge} = \frac{P_{transmit}}{(\beta N) + \alpha N} [7] \quad (3)$$

Dengan P_{edge} adalah nilai daya transmit FAP yang berada pada cakupan *cell edge macrocell*, $P_{transmit}$ adalah total nilai daya transmit, β adalah nilai *subcarrier ratio*, yang merupakan perbandingan jumlah *user* pada *cell edge* terhadap total *user*. α merupakan nilai *power ratio* atau *transmission ratio*, yang bernilai $0 < \alpha < 1$, kemudian N adalah jumlah *subcarrier* yang dialokasikan pada sel referensi.

Setelah nilai p_{edge} diketahui, maka nilai p_{center} dapat dihitung melalui Persamaan (4).

$$P_{center} = \alpha P_{edge} [7] \quad (4)$$

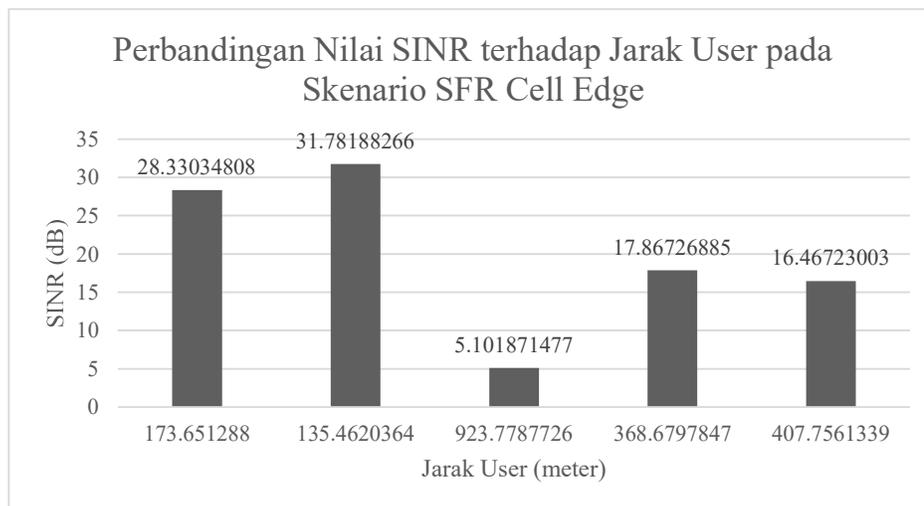
2. Pembahasan

Pada skenario manajemen interferensi berbasis SFR, pembagian *macrocell* dilakukan berdasarkan jarak dari pusat heksagonal, dengan cakupan *cell center* berada pada jarak 0-500 meter dan cakupan *cell edge* berada pada jarak 500-1000m dari pusat heksagonal. Terdapat 3 FAP dan 2 FAP yang disebar secara acak pada *cell edge* dan *cell center*, dengan radius antar *femtocell* sebesar 20 meter dan setiap *femtocell* harus memiliki minimal 1 *subscriber*. Secara umum, skenario manajemen interferensi yang disimulasikan dapat dilihat pada gambar 3 di bawah.



Gambar 17. Skenario manajemen interferensi pada LTE *femtocell* menggunakan metode SFR

Perbedaan warna yang terdapat pada pembagian sel untuk *macrocell* merepresentasikan perbedaan pita frekuensi yang digunakan untuk *cell edge* dan *cell center*.



Gambar 18. Perbandingan jarak *user* terhadap nilai SINR pada SFR untuk cakupan *cell edge*

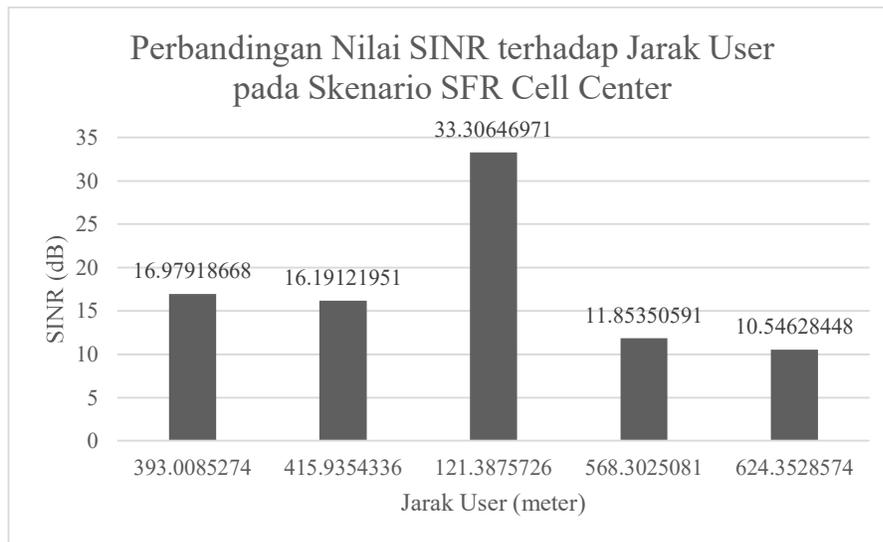
Gambar 4 menunjukkan pengaruh jarak *user* ke FAP yang melayaninya terhadap nilai SINR dalam cakupan *cell edge*. Pada gambar 4 dapat dilihat bahwa nilai SINR yang tertinggi, yaitu 31.78188266 dB diperoleh oleh *user* yang memiliki jarak yang paling dekat terhadap FAP yang melayaninya, yaitu pada jarak 135.4620364 meter. Sedangkan SINR yang paling rendah, yaitu 5.101871477 dB diperoleh oleh *user* yang memiliki jarak yang paling jauh terhadap FAP yang melayaninya, yaitu pada jarak 923.7787726 meter.

Tabel 1. Kualitas kanal masing-masing *user* pada *cell edge*

<i>User</i>	<i>Rayleigh Channel</i>	<i>Shadowing</i>	<i>Channel Gain</i>
1	0.105645 dB	1.117737 dB	1.2233826 dB
2	0.231534 dB	1.129545 dB	1.3610793 dB
3	0.348653 dB	1.155682 dB	1.5043346 dB
4	0.074482 dB	1.118291 dB	1.1927728 dB
5	0.235232 dB	1.117193 dB	1.3524245 dB

Pada hasil simulasi skenario manajemen interferensi menggunakan metode SFR, untuk simulasi pada *cell edge*, terlihat bahwa kualitas kanal berperan pula pada nilai SINR yang diperoleh oleh *user*. Dari gambar 4, dapat dilihat bahwa *user* ke-3 mendapatkan nilai SINR yang paling rendah, yaitu dengan nilai 5.101871477 dB. *User* ke-3 tersebut terletak pada jarak 923.7787726 meter dari FAP yang melayaninya. Setelah dilihat dari jarak *user* ke FAP yang melayaninya, dari tabel 1 dapat dilihat bahwa nilai *gain* kanal juga mempengaruhi nilai SINR yang diperoleh oleh *user* ke 3 tersebut. Dari tabel 1, *user* 3 mendapatkan nilai *gain* kanal terbesar jika dibandingkan dengan *user* yang lain, yaitu sebesar 1.5043346 dB.

Nilai *gain* kanal berbanding terbalik dengan nilai level daya terima masing-masing *user*. Sehingga, pada kasus *user* 3, yang mana mendapatkan nilai *gain* kanal tertinggi diantara *user* yang lain, akan mendapatkan nilai SINR yang terendah, seperti dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 19. Perbandingan jarak user terhadap nilai SINR pada SFR untuk cakupan *cell center*

Sedangkan gambar 5 menunjukkan pengaruh jarak *user* ke FAP yang melayaninya terhadap nilai SINR dalam cakupan *cell center*. Tidak berbeda jauh dari hasil simulasi pada cakupan *cell edge*, nilai SINR yang tertinggi, yaitu 33.30646971 dB, diperoleh oleh *user* yang memiliki jarak paling dekat dari FAP yang melayaninya, yaitu pada 121.3875726 meter. Sedangkan SINR yang paling rendah, yaitu pada 10.54628448 dB diperoleh oleh *user* dengan jarak yang paling jauh dari FAP yang melayaninya, yaitu pada 624.3528574 meter.

Metode SFR bertujuan untuk meningkatkan kinerja jaringan, terutama pada *cell edge*. Hal ini berdasarkan pada fakta bahwa ketika *user* berada pada *cell edge*, *user* tersebut sangat rentan terkena interferensi dari sel tetangga, yang berakibat pada penurunan kinerja. Terlebih lagi ketika menggunakan *femtocell*, dimana belum ada regulasi yang jelas yang mengatur mengenai penggunaannya, kinerja sistem dapat menjadi semakin buruk dikarenakan interferensi antar *femtocell* yang tidak dapat dihindari akibat installasi yang masih *random*.

3. Simpulan

Dengan menggunakan *femtocell*, *user* akan mendapatkan kualitas sinyal yang lebih baik pada area *indoor* dan juga operator jaringan dapat menggunakan *femtocell* sebagai salah satu solusi untuk menangani cakupan layanan *indoor*. Metode ini berbasis *macrocell*, yang juga dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas sinyal pada area *cell edge*. Hasil simulasi dari skenario manajemen interferensi menunjukkan bahwa *femtocell* dengan metode SFR mampu memajemen terjadinya CCI, ditunjukkan dari nilai SINR yang diperoleh oleh setiap *user*. Metode ini nantinya dapat digunakan oleh operator jaringan untuk diadopsi ke jaringan *macrocell* dengan penambahan *femtocell*, yang kemudian akan meningkatkan kapasitas sel secara keseluruhan.

Daftar Pustaka

- [1]. Chandrasekar and A. G. Jeffrey, "Femtocell Network: A Survey," *IEEE Communication Magazine*, vol 49, pp. 59-67, 2008.
- [2]. Y. Jeong, J. Y. Lee, M. Y. Chung, T. J. Lee and H. Choo, "Femtocell Frequency Planning Scheme in Cellular Networks Based on Soft Frequency Reuse," *International Conference on Cyber-Enabled Distributed Computing and Knowledge Discovery*, p. 39, 2010.
- [3]. U. K. Usman, *Fundamental Teknologi Seluler LTE*, Bandung: Rekayasa Sains, 2012.
- [4]. A. Mills, "Understanding Static Intercell Interference Coordination Mechanism in LTE," *Journal of Communications*, vol. 6 No. 4, 2011.
- [5]. M. Qian, W. Hardjawana, Y. Li, B. Vucetic, J. Shi and X. Yang, "Intercell Interference Coordination through Adaptive Soft Frequency Reuse in LTE Networks," *IEEE Wireless and Networking Conference: MAC and Cross-Layer Design*, 2012.
- [6]. D. Taniar, O. Gervasi, B. Murgante, E. Pardede and B. O. Apduhan, "Computational Science and Its Applications," in *Springer*, Fukoka, Japan, 2010.
- [7]. R. A. Dziyauddin, F. Cao and Y. Jin, "An Adaptive SFR in Multicell Networks," *IEEE 24th Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications: MAC and Cross-Layer Design Track*, 2013.