

ANALISA KINERJA *LONG TERM EVOLUTION* MENGGUNAKAN METODE *DYNAMIC SOFT FREQUENCY REUSE*

Zulfikar Nurzain¹, Uke Kurniawan Usman², Hurianti Vidnyaningtyas³

^{1, 2, 3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
nurzain_zulfikar@yahoo.com¹, ukeusman@telkomuniversity.ac.id², huriantividya@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak

Teknik DSFR memiliki kualitas dan kapasitas *throughput* yang lebih baik dibandingkan dengan teknik SFR. Rata-rata nilai SINR pada setiap *user* yang berjumlah 60 *user* pada DSFR bernilai 9,372 dB sedangkan teknik SFR hanya mendapatkan rata-rata sebesar 1,1973 dB. Untuk rata-rata laju data tiap *user* dari teknik DSFR mendapatkan 1,0118 Mbps sedangkan untuk SFR hanya mendapatkan nilai 0,6493 Mbps. Tetapi dalam konsumsi daya sel tertinggi, pada teknik SFR hanya mengkonsumsi 17,6 W sedangkan pada teknik DSFR mengkonsumsi sebesar 23,66 W. Dengan teknik DSFR kapasitas *throughput* naik dan konsumsi daya naik.

Kata kunci: LTE, D-SFR, SFR, ICI, ISI, *Sel Edge*, *Subcarrier*

Abstract

The DSFR technique has better throughput quality and capacity compared to SFR techniques. The average SINR value per user for 60 users on the DSFR is 9.372 dB, whereas the SFR technique only obtains an average SINR of 1.1973 dB. For the average data rate per user of the DSFR technique get 1.0118 Mbps, while for SFR only get the value 0.6493 Mbps. In maximum cell power consumption, the SFR technique consumes only 17.6 W while the DSFR technique consumes 23.66 W. With DSFR technique increased throughput capacity and increased power consumption.

Keyword: LTE, D-SFR, SFR, ICI, ISI, *Sel Edge*, *Subcarrier*

1. PENDAHULUAN

Teknologi LTE menggunakan *Orthogonal Frequency Division Multiple Acces* (OFDMA) sebagai teknologi akses jamaknya. Penggunaan OFDMA dapat mengurangi efek *Intersymbol Interference* (ISI), tetapi dengan diterapkannya teknologi OFDMA yang memakai frekuensi tunggal menyebabkan peningkatan efek *Intersel Interference* (ICI). Tetapi ICI menyebabkan turunnya performansi *user* dan juga dapat menurunkan kapasitas sel. Oleh karena itu dibutuhkan suatu teknik untuk mengurangi ICI, yaitu dengan manajemen interferensi. Salah satu manajemen interferensi adalah frekuensi *reuse*. Salah satu jenis dari frekuensi *reuse* adalah SFR [1, 2, 3].

Skema SFR dapat menghindari level ICI yang tinggi dengan konfigurasi faktor *frequency reuse* tertentu, meminimalisasi interferensi antar sel, dan meningkatkan efisiensi penggunaan spektrum dari alokasi *bandwidth* yang ada dibandingkan dengan FFR [2][3], tetapi skema ini dapat menghasilkan interferensi yang lebih tinggi antara *user* di tengah sel dan *user* di tepi sel pada sel lain, serta menyebabkan

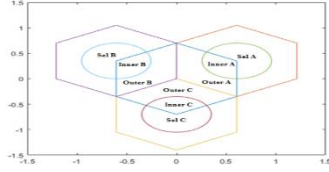
unjuk kerja sel lebih rendah dibandingkan skema *reuse* 1 (tanpa SFR) [1, 4] karena tidak memperhatikan kondisi lingkungan sel dimana pembagian jumlah kanal pada tepi sel dan tengah sel (dekat BTS) ditentukan secara tetap.

Teknik DSFR dapat memperbaiki kerja sistem dengan melakukan penyesuaian daya *subcarrier* dan jumlah *subcarrier*. Kelebihan dari DSFR dibanding dengan SFR dimana pada DSFR pembagian *subcarrier* antara sel *edge* dengan sel *center* tidaklah tetap 1/3 tetapi dapat beradaptasi dengan kedinamisan *traffic load* dari jaringan LTE. Teknik DSFR hanya menjamin bahwa pada setiap *outer* sel *subcarrier* yang terpakai tetaplah *orthogonal* tetapi tidak pada pembagiannya [1].

Pada penelitian ini diharapkan dengan penggunaan skema DSFR yang dapat meningkatkan SINR dan menaikkan rata-rata *throughput* per *cluster*.

2. PEMODELAN SISTEM

Pada bagian ini menjelaskan bentuk pemodelan sistem yang dibuat untuk DSFR dimana transmisi yang



Gambar 1. Model Sistem

disimulasikan adalah transmisi *downlink*. Untuk pemodelan kanal transmisi kami menggunakan kanal *reyleigh* dengan *multipath fading*. Seperti pada Gambar 1 pemodelan sistem yang akan disimulasikan terdapat tiga sel *hexagonal* dalam satu *cluster* yaitu sel A, sel B, sel C dan hanya terdapat 3 sektor dalam satu *cluster*. Pada sel yang ditinjau hanya terdapat satu buah *user* di setiap area *inner* sel dengan jarak ke eNodeB yang seragam dan terdapat 60 *user* yang didistribusikan secara *random* di sekitar *outer* sel.

Sistem OFDMA membagi semua *spectral* frekuensi secara *orthogonal* yang akan diberikan kepada setiap *user*, pada LTE unit terkecil pada ruang frekuensi dan waktu disebut *subcarrier* dimana *bandwidth*-nya sebesar 15 KHz. Pada skema SFR konvensional satu per tiga *subcarrier* dialokasikan kepada *outer* sel dan dua per tiga kepada *inner* sel, dimana pada SFR konvensional alokasi *subcarrier*-nya secara statis, dengan kata lain pemberian *subcarrier* antara *inner* dan *outer* sel tidak dapat dirubah.

Interferensi menjadi hal yang utama dalam penelitian ini, untuk interferensi yang diperhitungkan adalah interferensi *inter-sel* yang disebabkan oleh *adjacent* sel di satu *cluster*.

2.1 Perhitungan SINR dan Throughput

Signal to Interference Noise ratio (SINR) merupakan informasi yang menyatakan perbandingan kuat sinyal yang diinginkan terhadap *noise* dan interferensi. Interferensi yang ditimbulkan berasal dari seluruh eNodeB yang bertetangga.

$$SINR = \frac{P_{m,n} \times G_{m,n}}{\sum_{neighbor} P_{j,n} \times G_{j,n} + N_o \times W} \quad (1)$$

Dimana untuk sinyal terima $P_{m,n}$ adalah daya *transmit* dari *base station* I ke m_s dengan *subcarrier* n , dan $G_{m,n}$ merupakan *gain* yang didapat dari *base station* I ke m_s dengan *subcarrier* n . Sedangkan untuk sinyal penginterferensi, $P_{j,n}$ merupakan daya interferensi dari eNodeB j yang bertetangga dengan menggunakan *subcarrier* n yang sama dan $G_{j,n}$ merupakan *gain* interferensi yang didapatkan dari eNodeB j yang bertetangga dengan menggunakan

subcarrier n yang sama. N_o merupakan *noise white* yang ditambahkan ke dalam sinyal interferensi dimana bernilai -174 dB dan W adalah *bandwidth* dari *subcarrier*.

Throughput adalah total *data rate* yang dapat dicapai oleh suatu sel. Pada jaringan LTE *throughput* berarti penjumlahan dari seluruh *data rate subcarrier* yang ada di sel atau *cluster*, di bawah ini merupakan rumus dari *throughput* per *cluster*.

$$Throughput = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N B * \log_2(1 + SINR_{m,n}) \quad (2)$$

Dimana B adalah *bandwidth subcarrier*, M adalah eNodeB, N adalah *subcarrier*, dan $SINR_{m,n}$ adalah SINR dari eNodeB m ke *subcarrier* n .

2.2 Skenario Pengujian

Skenario simulasi di penelitian ini dilakukan dalam 5 bentuk berikut.

1. Probabilitas Persebaran User

Skenario 1 dilakukan dengan merubah Probabilitas persebaran *user* dimana jumlah persebaran *user* pada *outer* sel A, *outer* sel B dan *outer* sel C akan diubah-ubah menurut probabilitasnya seperti dalam Tabel 1.

Di dalam penelitian ini, probabilitas penyebaran *user* diperlihatkan dalam bentuk penulisan seperti di bawah ini.

$$P[\text{sel A}; \text{sel B}; \text{sel C};] = P[0,8; 0,1; 0,1] \quad (3)$$

Dimana penjelasannya adalah sebagai berikut.

- $P[\text{sel A}] = P[0,8]$ yang berarti probabilitas jumlah persebaran *user* di *outer* sel A sebanyak 80% dari total *user* dengan kata lain ± 48 *user* berada di *outer* sel A,
- $P[\text{sel B}] = P[0,1]$ yang berarti probabilitas jumlah persebaran *user* di *outer* sel B sebanyak 10% dari total *user* dengan kata lain ± 6 *user* berada di *outer* sel B,
- $P[\text{sel C}] = P[0,1]$ yang berarti probabilitas jumlah persebaran *user* di *outer* sel C sebanyak 10% dari total *user* dengan kata lain ± 6 *user* berada di *outer* sel C.

Sehingga arti keseluruhan dari $P[0,8;0,1;0,1]$ adalah, total *user* yang berada di sel A sebesar ± 48 *user*, total *user* yang berada di sel B sebesar ± 6 *user* dan total *user* yang berada di sel C sebesar ± 6 *user*.

2. Dengan SFR

Menggunakan SFR untuk ICIC dengan probabilitas *user* yang digunakan adalah $P[0,8;0,1;0,1]$

3. Dengan DSFR menggunakan PF 0.6

Menggunakan DSFR untuk ICIC dengan probabilitas *user* yang digunakan adalah $P[0,8;0,1;0,1]$.

4. Dengan DSFR menggunakan PF 0,4
Menggunakan DSFR untuk ICIC dengan probabilitas *user* yang digunakan adalah $P[0,8;0,1;0,1]$.
5. Dengan DSFR menggunakan PF 0,2
Menggunakan DSFR untuk ICIC dengan probabilitas *user* yang digunakan adalah $P[0,8;0,1;0,1]$.

PF berfungsi sebagai nilai yang menjaga ketersediaan *subcarrier* di *inner* sel berdasarkan (PF)% dari keseluruhan *subcarrier*.

3. Dynamic Soft Frequency Reuse (DSFR)

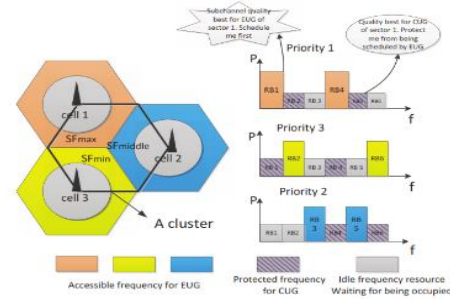
Dynamic Soft Frequency Reuse adalah salah satu pengembangan dari *Soft Frequency Reuse*, dimana alokasi *subcarrier* pada suatu sel dapat berubah secara dinamis mengikuti perubahan sel *load* dari jaringan [2]. Pada skema SFR EUG secara tetap mengalokasikan 1/3 dari keseluruhan *band* frekuensi yang saling *orthogonal* dengan sel *edge* tetangga. Skema satu ini akan menjadi masalah jika pada satu *cluster* penyebaran dari *user* tidak sempurna yang berarti sel *load* pada tiap sektor EUG di *cluster* tidak seimbang yang menyebabkan pemanfaatan *subcarrier* akan tidak efisien.

Seperti pada Gambar 2, pada algoritma DSFR jika terjadi penyebaran *user* dan beban sel yang tidak sempurna di EUG maka alokasi dari *subcarrier* akan menyesuaikan beban sel. *Dynamic Soft Frequency Reuse* hanya menjamin frekuensi yang digunakan pada area EUG akan *ortogonal* dengan EUG pada sel tetangga dan CUG akan mendapatkan *bandwidth* sisa dari setiap sektor EUGnya. Dengan kata lain, pengalokasian *subcarrier* pada EUG tidaklah tetap harus 1/3 dari keseluruhan frekuensi. Pengguna yang sedang berada pada area EUG akan mendapatkan alokasi *subcarrier* lebih dan meningkatkan kapasitas kanal saat alokasi frekuensi diperbesar. Berikut adalah skema dari DSFR [11].

1. Setiap eNodeB menyimpan data SINR dari setiap *user*
2. Setiap eNodeB akan membagi data SINR dari setiap *user* ke eNodeB tetangga
3. Dari data yang didapat, setiap eNodeB mengurutkan SINR terbaik dari setiap eNodeB di *user*. (Misalkan *user* A memiliki SINR terbesar dengan eNodeB 1, maka *user* A akan diprioritaskan pada eNodeB 1).

Table 1. Tabel Probabilitas

	Probabilitas sel A (P)	Probabilitas sel B (P)	Probabilitas sel C (P)
Pertama	P=0,2	P=0,4	P=0,4
Kedua	P=0,4	P=0,3	P=0,3
Ketiga	P=0,6	P=0,2	P=0,2
Keempat	P=0,8	P=0,1	P=0,1



Gambar 2. DSFR

Table 2. Parameter Simulasi

No	Parameter	Nilai
1	Bandwidth LTE	20 MHz
2	Physical Resource Block	100
3	Subcarrier	1200
4	Tinggi antena UE	1,5 meter
5	Tinggi antena eNodeB	35 meter
6	Frekuensi Operasi	1800 MHZ
7	Gain antena	18 dB
8	Jari-jari sel <i>inner</i>	0,2 KM ²
9	Jari-jari sel <i>outer</i>	0,7 KM ²
10	Jumlah <i>user</i> di seluruh sel <i>outer</i>	60 <i>user</i>
11	Jumlah <i>user</i> di tiap sel <i>inner</i>	1 <i>user</i>
12	Pathloss	Cost 231- Hata
13	Fading	Log normal dengan Std. Dev. 9 dB
14	Thermal noise	-174 dBm
15	Jumlah sel	3
16	Jumlah sektor/sel	3

4. eNodeB akan mengurutkan *user* dengan SINR tertinggi dari SINR prioritas.
5. Akan ada pengaturan *protect factor* (Pf) untuk menjaga *subcarrier* tidak habis berpindah pada CUG yang disebut dengan *protected subcarrier*.
6. User yang telah terurut berdasarkan SINR, akan diberikan *subcarrier* yang dibutuhkan menurut eNodeB prioritas.
7. Jika *subcarrier* pada EUG A telah melebihi $(1-PF)\%$ dari keseluruhan *subcarrier* di sel, maka *user* akan dialokasikan ke eNodeB prioritas ke 2.
8. Jika eNodeB prioritas ke 2 juga telah melebihi $(1-Pf)\%$ *user* akan dialokasikan ke eNodeB prioritas ketiga.
9. *Subcarrier resource* dari CUG yaitu *scenter* terbentuk setelah *scedge* telah terbuat dimana $subcarrier\ CUG = subcarrier\ total - subcarrier\ edge$.

4. HASIL SIMULASI

Pada bagian ini merupakan hasil yang telah didapatkan dari simulasi dengan menggunakan parameter yang dimasukkan ke dalam simulasi.

Gambar 3 merupakan grafik hubungan SINR dengan *user* yang telah diurutkan sesuai dengan level SINR. Pada Gambar 3 terlihat bahwa pada seluruh skema terjadi penurunan daya SINR, hal ini diakibatkan oleh jarak antara *user* dengan eNodeB yang melayani. Pada urutan *user* ke 1-7 seluruh skema memiliki SINR yang sama dan pada urutan *user* ke 8 terlihat teknik SFR lebih menurun dengan selisih SINR sebesar 1,6919 dB dengan teknik DSFR. Pada *user number* 60 skema SFR memberikan selisih terbesar yaitu -15 dB dengan skema yang lainnya.

Pada skema DSFR terlihat bahwa DSFR (Pf 0,6) mulai lebih menurun dibandingkan dengan DSFR Pf 0,4 dan DSFR Pf 0,2 saat urutan *user* ke 33 sedangkan skema DSFR(Pf 0,6) terjadi saat urutan *user* ke 41, hal ini disebabkan oleh *protection factor* yang lebih besar seperti Pf 0,6 hanya dapat menampung sebanyak 40 % dari seluruh *source* yang ada, sedangkan Pf 0,4 dapat menampung sebanyak 60 % dari seluruh *source subcarrier* yang ada dan Pf 0,2 dapat menampung sebanyak 80% *resource* yang ada pada keseluruhan *bandwidth*.

Terlihat pada teknik SFR, SINR terendah bernilai -20 dB sedangkan pada DSFR Pf 0,6 SINR terkecil sebesar -6 dB, pada DSFR Pf 0,4 SINR terkecil sebesar -4 dB dan untuk DSFR Pf 0,2 dengan SINR 1 dB. Hal ini dikarenakan oleh teknik SFR saat *subcarrier* pada eNodeB telah penuh *user* dialokasikan ke eNodeB

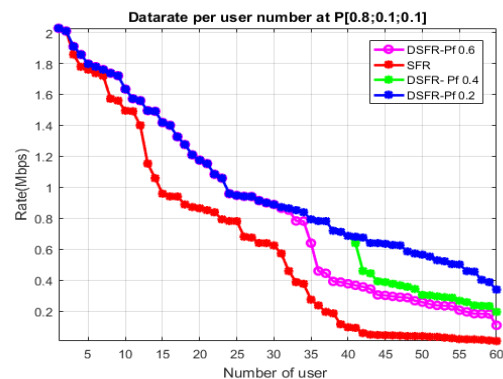
yang jaraknya lebih jauh sehingga SINR jatuh lebih kecil. Sedangkan pada DSFR *subcarrier* penuh hanya jika *subcarrier* melebihi $(1-Pf)\%$ dari *subcarrier* keseluruhan.

Pada sistem dengan SFR, laju data dari *user* di bawah laju dari DSFR. Seperti pada penerapan teknik DSFR dapat menghasilkan laju data *user* yang lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan SFR.

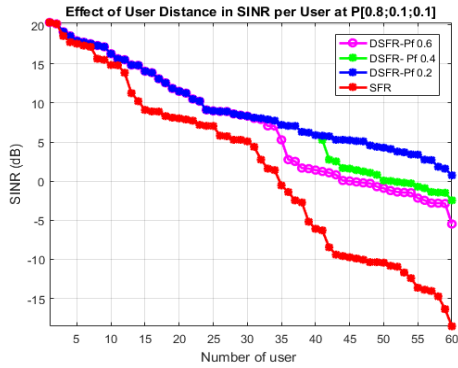
Pada DSFR dengan PF=0,6 bitrate mulai lebih rendah pada *user* ke 33. Pada DSFR dengan PF 0,4 terlihat juga mulai ada penurunan pada *user* ke 41, hal ini dikarenakan oleh *protection factor* yang membatasi jumlah *subcarrier* yang dapat dipinjam, sehingga pada *protection factor* yang lebih tinggi menyebabkan lebih sedikit *user* yang dapat dilayani dengan SINR terbaik dan mempengaruhi data rate, seperti yang terlihat pada Gambar 4.

Pada Gambar 5 total kapasitas *throughput cluster* menggunakan teknik SFR terlihat paling kecil dimana hanya mencapai 49,7209 Mbps, sedangkan pada skema DSFR dengan teknik DSFR (Pf 0,6) mencapai 52,9634 Mbps, dengan teknik DSFR (Pf 0,4) mencapai 56,4800 Mbps sedangkan DSFR (Pf 0,2) mencapai 60,7084 Mbps.

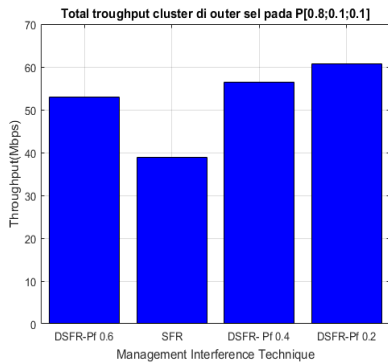
Pada skema SFR hal ini diakibatkan saat *user load* pada salah satu *outer* sel sangat besar, sektor yang tersebut tidak lagi dapat menerima *user*, sehingga pilihan kedua untuk *user* yaitu menemukan eNodeB yang lain, dengan mengorbankan SINR karena jalur yang dilewati oleh *user* bertambah jauh lebih besar. Dengan SINR yang kecil menyebabkan *rate user* juga menurun yang akhirnya berakibat pada *throughput* mengecil sehingga SFR hanya menghasilkan *throughput* sebesar 38,9556 Mbps. Pada kondisi seperti ini skema DSFR memiliki nilai *throughput* yang lebih tinggi dibanding dengan SFR dikarenakan keadaan seperti penyebaran *user* yang tidak merata atau ketidakseimbangan *user load* dapat diatasi dengan menambah *bandwidth* pada sektor yang mengalami



Gambar 3. SINR User terhadap Urutan User



Gambar 4. Data Rate terhadap Nomer User

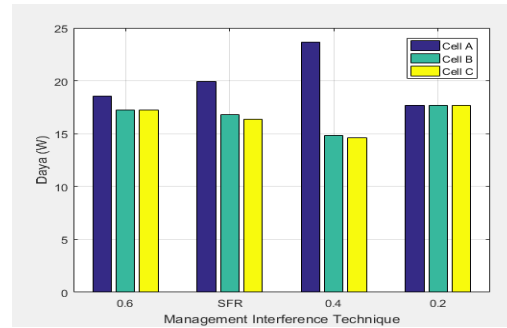


Gambar 5. Throughput pada Prob Sel P[sel A; sel B; sel C;]=[0,8;0,1;0,1]

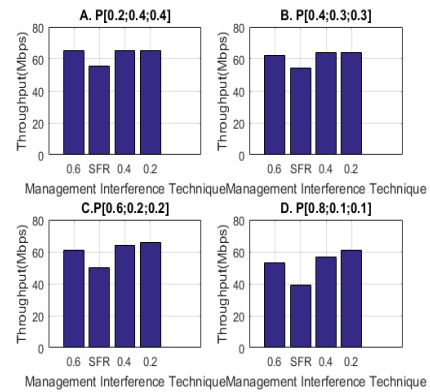
kelebihan *user load* dengan meminjam dari EUG sektor lain yang masih satu *cluster*.

Protection factor 0,2 memiliki kinerja yang paling tinggi dimana *throughput* yang dihasilkan mencapai 60,4086 Mbps yang menandakan bahwa semakin kecil *protection factor* semakin tinggi kinerjanya, hal itu disebabkan dengan semakin kecilnya *protection* suatu sektor dapat meminjam lebih banyak *subcarrier* pada sektor tetangga.

Terlihat pada Gambar 6, pada sistem yang menggunakan SFR, daya yang dikonsumsi dari tiap sel stabil yaitu sebesar 17,6 W, sedangkan pada DSFR-Pf 0,6 daya yang dikonsumsi tidaklah sama, dengan konsumsi daya terbesar sel sebesar 18,57 W dan terkecil 17,251 W. Pada DSFR-Pf 0,4 daya yang di konsumsi tidaklah sama, dengan konsumsi daya terbesar sel sebesar 19,9 W dan terkecil 16,3 W. Pada DSFR-Pf 0,2 daya yang di konsumsi tidaklah sama, dengan konsumsi daya terbesar sel sebesar 23,66 W dan terkecil 14,59 W. Hal ini disebabkan pada *subcarrier outer* daya yang harus dipancarkan lebih besar daripada *subcarrier inner* yang menyebabkan semakin banyak *subcarrier outer* pada suatu sel menyebabkan kenaikan konsumsi daya sel.



Gambar 6. Konsumsi Daya



Gambar 7. Probabilitas Output User terhadap Throughput

Pada Gambar 7 menggambarkan hubungan antara total *throughput* dengan manajemen interferensi. Pada Gambar 7 (A) memperlihatkan total *throughput* yang dihasilkan dari *outer* sel pada satu *cluster* di setiap manajemen interferensi pada probabilitas penyebaran *user* P[0,2;0,4;0,4], sedangkan Gambar 7 (B) pada probabilitas penyebaran *user* P[0,4;0,3;0,3], sedangkan Gambar 7 (C) pada probabilitas penyebaran *user* P[0,6;0,2;0,2], dan pada Gambar 7 (D) pada probabilitas penyebaran *user* P[0,8;0,1;0,1]

Terlihat dari Gambar 7 (A) *throughput* dari DSFR Pf 0,2 terlihat menjadi yang paling besar di antara DSFR Pf yang lain dan SFR dengan *throughput* 65,0066 Mbps saat P[0,2;0,4;0,4], 63,6601 Mbps saat P[0,4;0,3;0,3], 65,9321 Mbps saat P[0,6;0,2;0,2] dan 60,7084 saat P[0,8;0,1;0,1]. Hal ini diakibatkan oleh semakin kecil Pf semakin besar alokasi dari *subcarrier* yang dapat dipakai oleh *outer* sel untuk diberikan kepada *user* sehingga persebaran *user* yang tidak merata dapat dilayani oleh sel terdekat.

Teknik SFR memiliki kinerja terendah saat probabilitas *user* di P[0,8;0,1;0,1] dimana menghasilkan *throughput* sebesar 38,9556 Mbps, pada SFR tidak adanya algoritma mengurutkan *user* dari

kualitas SINR yang menyebabkan pada *user* yang memiliki kualitas SINR bagus tidak dapat berhubungan dengan eNodeB prioritas saat *subcarrier* di eNodeB prioritas telah penuh. Selain itu penetapan jumlah yang *fix* terhadap jumlah *subcarrier* pada setiap *outer* sel menyebabkan penurunan pada kinerja SFR

5. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian sistem dan analisis hasil dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Nilai *throughput* dari SFR terus menurun seiring dengan semakin besarnya selisih antara probabilitas persebaran *user* sel A dengan sel tetangga dalam satu *cluster*. SFR didapatkan nilai *throughput* terendah pada probabilitas persebaran *user* $P[0,8;0,1;0,1]$ sebesar 38,9556 Mbps, *throughput* tertinggi pada probabilitas persebaran *user* $P[0,4;0,3;0,3]$ sebesar 55,6119 Mbps.
2. Dengan teknik DSFR, kapasitas *throughput* meningkat 28% dibandingkan dengan SFR, tetapi konsumsi daya meningkat sebesar 34% pada selisih probabilitas antar sel tertinggi yaitu $P[0,8;0,1;0,1]$.
3. Dari segi SINR, teknik DSFR dengan $P_f 0,2$ lebih baik dibandingkan dengan teknik SFR dan DSFR dengan P_f yang lain, dimana pada DSFR- $P_f 0,2$ mendapatkan rata-rata SINR sebesar 9,3725 dB sementara SINR dari SFR hanya 1,1973 dB.
4. Dari segi konsumsi daya, teknik DSFR pada $P_f 0,2$ memiliki konsumsi daya yang paling besar dibandingkan dengan skema yang lain yaitu pada persebaran *user* $P[\text{sel A}; \text{sel B}; \text{sel C};] = [0,8;0,1;0,1]$ sebesar 23,66 W.
5. Teknik DSFR tahan terhadap variasi (perubahan) dari persebaran *user*, namun sistem menjadi lebih kompleks dimana membutuhkan kontrol daya *subcarrier* yang lebih tinggi secara otomatis dibanding dengan SFR.
6. *Protection factor* pada DSFR dapat membatasi jumlah *subcarrier* yang berada di *outer* sel dan membatasi konsumsi daya pada sel, dimana semakin besar *protection factor* semakin kecil *subcarrier* dan daya tertinggi yang dapat tercapai oleh sel, tetapi membuat *throughput* dan SINR menjadi lebih kecil. Untuk $P_f (0,6)$ didapatkan 60,3714 Mbps dengan konsumsi daya tertinggi sebesar 18,57 W. Sedangkan untuk $P_f(0,2)$ didapatkan 63,8268 Mbps dengan konsumsi daya 23,66 W.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Zhang, Y. Mo, and B. Wang, "Dynamic soft frequency reuse based on sector factor for LTE downlink transmission," 2013 Int. Conf. Wirel. Commun. Signal Process. WCSP 2013, pp. 5–9, 2013.
- [2] D. Jia, G. Wu, S. Li, G. Y. Li, and X. Zhu, "Dynamic soft-frequency reuse with inter-cell coordination in OFDMA networks," Proc. - Int. Conf. Comput. Commun. Networks, ICCCN, 2011.
- [3] Z. Qin, L. Zhang, and M. Jiang, "Enhanced Dynamic SFR for LTE Systems," pp. 723–727, 2014.
- [4] U. kurniawan Usman, G. Prihatmoko, D. K. Hendraningrat, and S. D. Purwanto, FUNDAMENTAL TEKNOLOGI SELULER LTE. 2011.
- [5] S. Sesia, I. Toufik, and M. Barker, LTE The UMTS Long Term Evolution. 2011.
- [6] W. S. Hidayat, "Hal-hal yang Perlu Diketahui Tentang LTE." [Online]. Available: <http://tekno.kompas.com/read/2012/09/18/0808264/hal-hal.yang.perlu.diketahui.tentang.lte>. [Accessed: 11-Nov-2016].
- [7] K. Sri Juniandari, "Analisa Pengaruh SINR (Signal to Interference plus Noise Ratio) Sebagai Pemicu Handover Pada Mobile Wimax," p. 2010, 2010.
- [8] E. susanti BR. taringan, "Analisis Penerapan Fractional Frequency Reuse pada Mobile WiMAX," p. 2010, 2010.
- [9] W. Pratiwi, "Analysis and Simulation Performance Power Control in Fractional Frequency Reuse Uplink LTE)," p. 2012, 2012.
- [10] R. Nurhasanah, "Analisis Perencanaan Layanan Daya di Jaringan LTE pada ruas TOL Cawang - Cikarang Utama menggunakan Metode Adaptive Soft Frequency Reuse, 2016.
- [11] H. Li, Q. Liu, Z. Li, and X. Kong, "Cognitive Based Dynamic Soft Frequency Reuse for LTE Downlink System

