

# Analisis Unjuk Kerja Sel Tunggal di Jaringan LTE dengan Teknik *Adaptive Soft Frequency Reuse*

Rizka Nurhasanah<sup>1</sup>, Uke Kurniawan Usman<sup>2</sup>

<sup>1),2)</sup>Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

Email : nrizka@students.telkomuniversity.ac.id, ukeusman@telkomuniversity.ac.id

**Abstrak**— Interferensi menjadi masalah yang harus diatasi pada teknologi *long term evolution* (LTE), salah satu teknik manajemen interferensi yang diunggulkan adalah *soft frequency reuse* (SFR). Walaupun SFR dapat memperbaiki unjuk kerja di tepi sel, kapasitas throughput sel menjadi lebih rendah dibandingkan dengan Reuse 1 (tanpa SFR). Untuk mengatasi hal tersebut dilakukan pengembangan terhadap teknik SFR yang disebut teknik *Adaptive Soft Frequency Reuse* (ASFR). Dalam penelitian ini dilakukan analisis terhadap unjuk kerja sel tunggal menggunakan teknik ASFR untuk dibandingkan dengan sistem sistem tanpa teknik SFR dan sistem dengan teknik SFR. Teknik ASFR ini meningkatkan laju data user di tepi sel maupun di tengah sel dengan melakukan penyesuaian daya subcarrier dan jumlah subcarrier. Rata-rata laju data tiap user yang dicapai tanpa teknik SFR yaitu 2.0518 Mbps, teknik SFR sebesar 2.3956 Mbps, dan teknik ASFR sebesar 2.7014 Mbps. Dalam memenuhi laju data tersebut, teknik ASFR memberikan total alokasi kepada user di tengah sel (*subcarrier minor*) sebanyak 822 subcarrier dengan total alokasi daya sebesar 20.5821 W, dan untuk user di tepi sel (*subcarrier major*) sebanyak 378 subcarrier dengan total alokasi daya sebesar 19.2286 W. Dengan teknik ASFR, kapasitas throughput naik sebesar 31.66% terhadap teknik tanpa SFR dan peningkatan 12.76% terhadap teknik SFR.

**Kata kunci**—LTE, SFR, ASFR, daya terima, laju data

## I. PENDAHULUAN

Interferensi yang cukup tinggi menjadi salah satu tantangan pada LTE, sehingga diperlukan sebuah manajemen interferensi yaitu *frequency reuse*. Skema ini dapat menghemat penggunaan frekuensi, karena frekuensi sendiri merupakan sumber daya yang terbatas. Salah satu jenis skema reuse yaitu *Soft Frequency Reuse*.

Skema SFR dapat menghindari level ICI yang tinggi dengan konfigurasi faktor *frequency reuse* tertentu dan meningkatkan efisiensi penggunaan spektrum dari alokasi bandwidth yang ada dibandingkan dengan *Fractional Frequency Reuse* (FFR) [1][2][3], tetapi skema ini dapat menghasilkan interferensi yang lebih tinggi antara user di tengah sel dan user di tepi sel, serta menyebabkan throughput sel lebih rendah dibandingkan skema Reuse 1 (tanpa SFR) [1][3] karena tidak memperhatikan kondisi lingkungan sel dimana pembagian jumlah kanal pada tepi sel dan tengah sel (dekat BTS) telah ditentukan secara tetap. Kenyataannya,

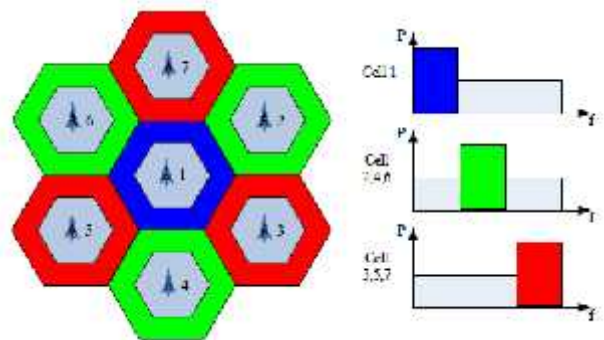
jaringan seluler sangat heterogen karena perkembangan jaringan. Layout jaringan akan terus berubah karena beban trafik berubah dari waktu ke waktu, utamanya di tempat-tempat umum. Perubahan lingkungan sel ini menjadi tantangan baru dalam memaksimalkan potensi dari SFR [4].

Penelitian sebelumnya [4] tentang ASFR oleh Raudzidatul A. Dziyauddin, Fengming Cao, dan Yichao Jin dengan pemodelan layout jaringan berupa 19 makrosel menunjukkan bahwa sistem simulasi dengan penerapan teknik ASFR mampu memperbaiki throughput gain sebesar 38% dari Reuse 1 dan 10% dari SFR. Penelitian lain [5] tentang ASFR oleh Manli Qian, Wibowo Hardjawana, Yonghui Li, Branka Vucetic, Xuezhi Yang, Jinglin Shi melakukan optimasi alokasi subcarrier dan daya untuk jaringan wireless multisel dengan menggunakan algoritma *Single Cell Resource Allocation*. Algoritma tersebut melakukan beberapa iterasi untuk mencapai tujuannya.

Dalam penelitian ini dilakukan analisis unjuk kerja sel tunggal dengan menerapkan teknik ASFR. Analisis unjuk kerja sel meliputi alokasi daya subcarrier, *Signal to Interference and Noise Ratio* (SINR), dan kapasitas throughput. Tujuan lain dari penelitian ini adalah membuktikan bahwa teknik ASFR memiliki kapasitas throughput sel yang lebih besar dibandingkan teknik SFR dan tanpa SFR, sesuai dengan penelitian sebelumnya [4][5].

## II. TINJUAN PUSTAKA

### A. Soft Frequency Reuse



Gambar 1. Alokasi Frekuensi dan Daya SFR dengan FRF 3<sup>[6]</sup>

SFR memiliki ciri-ciri berupa penggunaan *frequency reuse factor* (FRF) 1 pada daerah tengah sel dan FRF lebih dari 1 pada daerah dekat perbatasan sel [6]. Daya maksimum terbagi menjadi daya subcarrier major dan daya subcarrier minor. Pada gambar 1 terlihat daya subcarrier major memiliki nilai yang lebih tinggi dibanding daya subcarrier minor, namun jumlah subcarrier major lebih sedikit dibanding daya subcarrier minor. Alokasi pembagian daya dihitung dengan persamaan ini:

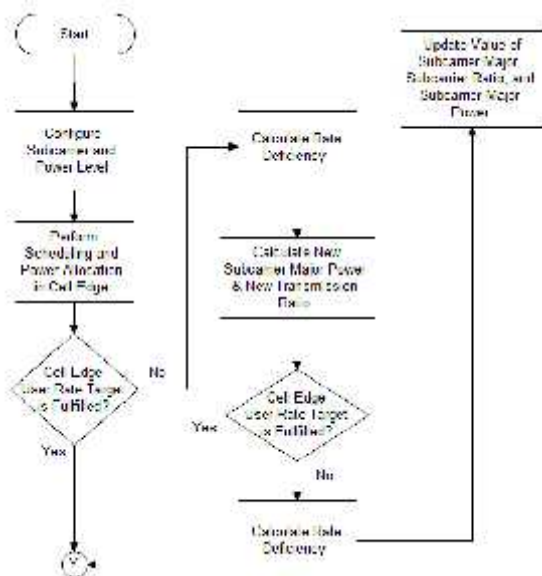
$$P_C / P_E = \Gamma \quad (2.1)$$

$$P_C + P_E = P_{\max} \quad (2.2)$$

dimana  $P_C$  adalah daya total untuk user di sel tengah,  $P_E$  adalah daya total user di tepi sel,  $P_{\max}$  adalah daya transmit maksimum, dan  $\Gamma$  adalah *power splitting factor* [4][7].

### B. Adaptive Soft Frequency Reuse

ASFR bertujuan untuk meningkatkan throughput sistem dari sebuah sel, tidak lagi hanya melihat throughput dari user di tepi sel. ASFR memperhatikan kondisi lingkungan sel dan kebutuhan QoS, contohnya laju data, untuk memenuhi kebutuhan tersebut dibutuhkan penyesuaian daya atau subcarrier.



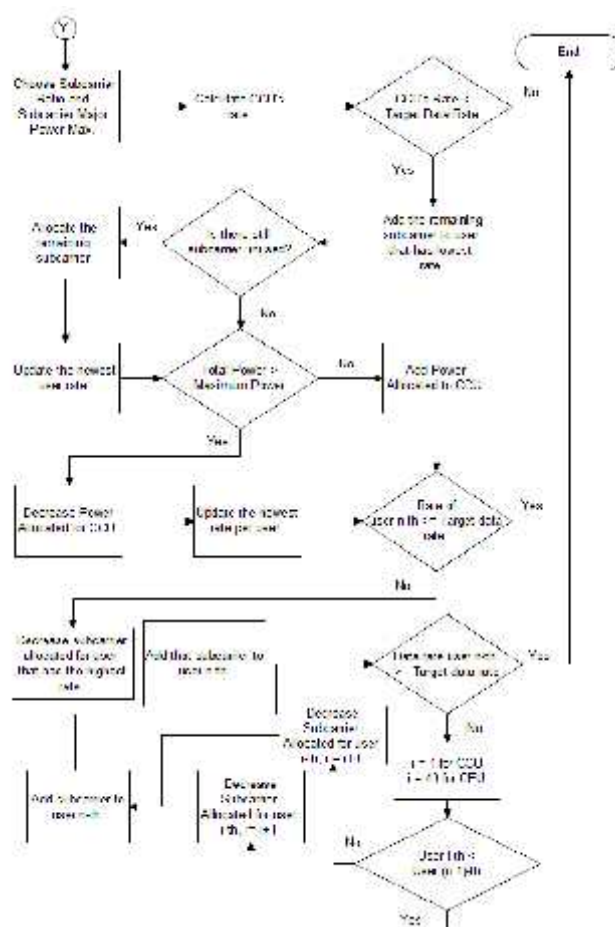
Gambar 2. Algoritma ASFR untuk Tepi Sel

Terdapat beberapa langkah dalam teknik ASFR:

1. Melakukan konfigurasi level daya dan subcarrier
2. Melakukan *scheduling* untuk alokasi *resource*, user di tepi sel memiliki prioritas tertinggi
3. Melakukan validasi terhadap laju data user di tepi sel, apakah laju data user melebihi laju data yang dibutuhkan
4. Melakukan penyesuaian daya, jika laju data yang diterima tidak memenuhi laju data target. Jika setelah

penyesuaian daya, laju user masih tidak memenuhi target, maka dilakukan penambahan subcarrier

5. Alokasikan subcarrier tersisa ke user di tepi sel dan tengah sel
6. Cek apakah total daya subcarrier melebihi maksimum daya transmit atau tidak. Lakukan penyesuaian daya subcarrier minor jika diperlukan.
7. Hitung kembali laju data tiap user. Jika laju data user di sel tengah dibawah target, lakukan penyesuaian jumlah subcarrier. Sebelumnya, kurangi jumlah subcarrier yang memiliki laju tertinggi (user referensi) selama laju user referensi masih di atas laju target. Jika laju user referensi dibawah target, user dengan laju tertinggi saat itu akan menjadi user referensi berikutnya.
8. Hitung kembali laju data tiap user, jika masih ada user yang memiliki laju data dibawah laju target, lakukan penyesuaian subcarrier seperti poin 8.



Gambar 3. Algoritma ASFR untuk Tengah Sel

Sama dengan teknik SFR, pada teknik ASFR ini daya pancar maksimum dibagi ke area di tengah sel dan di tepi sel, subcarriernya dialokasikan ke area di tengah sel (subcarrier minor) dan di tepi sel (subcarrier major). Bedanya dengan SFR adalah pengalokasian sumber daya ini tidak dilakukan

secara tetap. Hal ini terjadi jika laju data user berada dibawah laju data yang diinginkan. Metode yang digunakan ASFR yaitu mengatur nilai daya subcarrier atau jumlah subcarrier di tengah sel maupun tepi sel. Jumlah subcarrier dan daya transmit harus memenuhi syarat berikut ini [7].

$$P_{CEU} \times S \times N_{SUB} + P_{CCU} \times (S - 1) \times N_{SUB} = P_{MAX} \quad (2.3)$$

$$S = U_{CEU} / U_{TOT} \quad (2.4)$$

dimana  $P_{CEU}$  merupakan daya subcarrier major,  $P_{CCU}$  merupakan daya subcarrier minor, rasio subcarrier dinotasikan dengan  $S$ , jumlah subcarrier, total user di tepi sel, dan total user keseluruhan dinotasikan masing-masing dengan  $N_{SUB}$ ,  $U_{CEU}$ , dan  $U_{TOT}$ . Jumlah  $N_{SUB}$  bergantung pada besar bandwidth sistem yang digunakan.

Dalam prakteknya, jumlah subcarrier, daya maksimum, jumlah user tiap sel telah diketahui nilainya. Melalui persamaan (2.3) dan (2.4) dapat diperoleh nilai daya subcarrier major dan daya subcarrier minor, tentunya dengan mengatur nilai rasio transmisi dan rasio subcarrier.

Untuk setiap user di tepi sel memiliki batas maksimum alokasi jumlah subcarrier.

$$N_{max,ceu} = \lfloor N/C \rfloor \quad (2.5)$$

dengan  $C$  adalah jumlah sel tetangga dengan sel referensi yang diamati.

Ketika laju data yang dicapai berada dibawah threshold yang diinginkan, dapat dihitung defisiensi QoS untuk memperbaharui nilai  $P_{CEU}$  agar laju data yang dicapai dapat mengalami peningkatan.

$$d = \left[ \frac{R - H}{R} \right] \quad (2.6)$$

dengan  $d$  adalah defisiensi QoS,  $R$  adalah laju data target, dan  $H$  adalah laju data yang dicapai.

Metode yang digunakan ASFR yaitu mengatur nilai daya subcarrier atau memperbanyak jumlah subcarrier di tengah sel maupun tepi sel. Jumlah subcarrier dan daya transmit harus memenuhi syarat berikut ini [7].

$$P_{new,CEU} = (d \times P_{CEU}) + P_{CEU} \quad (2.7)$$

$$r_{new} = \frac{P_{MAX} - P_{new,CEU} \times (S \times N_{SUB})}{P_{new,CEU} \times (1 - S) \times N_{SUB}} \quad (2.8)$$

$$P_{new,CCU} = r_{new} \times P_{new,CEU} \quad (2.9)$$

dimana  $P_{new,CEU}$  adalah daya subcarrier major yang baru,  $r_{new}$  adalah rasio transmisi yang baru, dan  $P_{new,CCU}$  adalah daya subcarrier minor yang baru.

Untuk penambahan subcarrier di tepi sel, dapat dihitung dengan persamaan (2.10) diikuti dengan mengubah nilai rasio subcarrier dengan persamaan (2.11) dan daya subcarrier di tepi sel dengan persamaan (2.12) agar tetap memenuhi persamaan (2.3).

$$P_{new,CCU} = r_{new} \times P_{new,CEU} \quad (2.10)$$

$$S_{new} = \frac{N_{new,CEU}}{N_{SUB}} \quad (2.11)$$

$$P_{new,CEU} = \frac{P_{MAX}}{(S_{new} \times N_{SUB}) + r_{new} \times (1 - S_{new}) \times N_{SUB}} \quad (2.12)$$

dimana  $N_{new,CEU}$  merupakan jumlah subcarrier user di tepi sel yang baru,  $S_{new}$  merupakan rasio subcarrier yang baru, dan  $P_{new,CEU}$  adalah daya subcarrier yang baru setelah penambahan subcarrier yang baru.

### C. Model Propagasi Radio<sup>[8]</sup>

Model yang digunakan pada penelitian ini adalah Cost Hata (Cost 231) yang memiliki parameter sebagai berikut:

- Range frekuensi antara 1500 - 2000 MH
- Tinggi eNodeB ( $h_{eNB}$ ) antara 30 - 200 m
- Tinggi MS  $h_{MS} = 1 - 10$  m
- Jarak eNodeB dan MS ( $d$ ) = 1 - 20 km

Untuk perhitungan pathloss menggunakan persamaan ini:

$$L_{urban} = 46.3 + 33.9 \times \log(fc) - 13.82 \times \log(h_{eNB}) - d(h_{MS}) + \left[ [44.9 - 6.55 \times \log(h_{eNB})] \times \log(d) \right] - C_M \quad (2.13)$$

dengan  $fc$  adalah frekuensi *carrier* atau frekuensi tengah,  $h_{eNB}$  adalah tinggi antenna eNodeB dari permukaan tanah,  $d(h_{MS})$  adalah faktor koreksi antenna UE dari permukaan tanah,  $d$  adalah radius site, dan  $C_M$  adalah faktor koreksi kondisi lingkungan.

Untuk kota kecil dan menengah, faktor koreksi antenna UE:

$$d(h_{MS}) = [1.1 \times \log(f) - 0.7] \times h_{MS} - [1.56 \times \log(f) - 0.8] \quad (2.14)$$

dengan  $f$  merupakan frekuensi operasi dan  $C_M = 0$  dB.

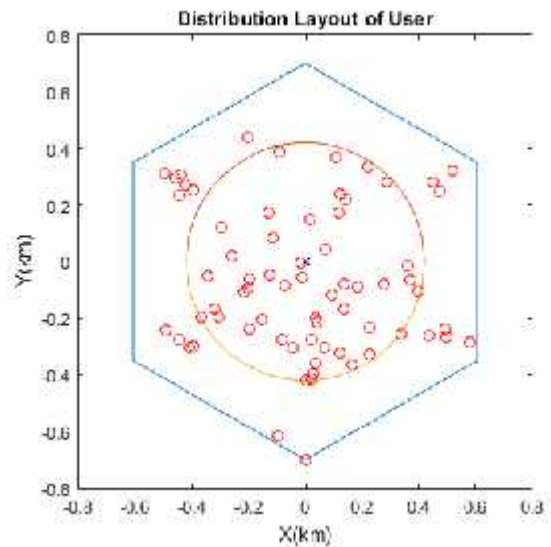
### III. METODE PENELITIAN

Dalam melakukan simulasi unjuk kerja ini diberikan parameter – parameter yang terdapat pada sistem. Untuk memperjelas parameter yang digunakan, dituliskan pada tabel di bawah ini.

**TABEL I.** PARAMETER SIMULASI

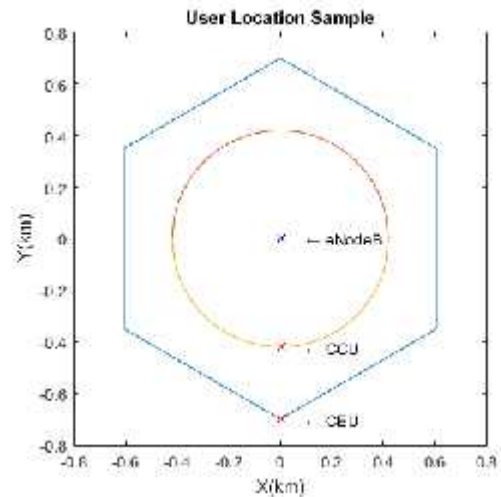
No	Parameter	Nilai
1	Frekuensi Operasi	1800 MHz
2	Bandwidth Sistem LTE	20 MHz
4	Subcarrier	1200
5	Bandwidth Subcarrier	15 kHz
6	Daya Transmit Maksimum	46 dBm
7	Tinggi Antena UE	1.5 meter
8	Tinggi eNodeB	35 meter
9	Jumlah User	69
10	Jumlah User di <i>cell center</i>	$\lfloor 0.7 \times 69 \rfloor$
11	Jumlah User di <i>cell edge</i>	$\lfloor 0.3 \times 69 \rfloor$
12	Rate Target Tiap User <sup>[9]</sup>	2 Mbps
13	Radius <i>Cell Center</i>	0.6 $\times$ jari-jari sel
14	Rasio Transmisi ( $\alpha$ )	0.5
15	Pathloss	Cost 231- Hata
16	Shadow Fading	Log normal dengan Std. Dev. 8 dB
17	Kanal Propagasi	Rayleigh dengan Std. Dev. 2.18 dB
18	<i>Thermal Noise Power Density</i>	-174 dBm/Hz

Untuk menunjukkan pengaruh jarak user terhadap nilai laju data user dan menunjukkan kapasitas sel terbaik, pada simulasi penelitian ini dilakukan dalam tiga kondisi yaitu sistem tanpa SFR, dengan SFR, dan dengan ASFR.



Gambar 4. Persebaran User dalam Satu Site

Sebanyak 21 user disebarikan pada tepi sel dan 48 user disebarikan pada tengah sel dengan total 69 user.



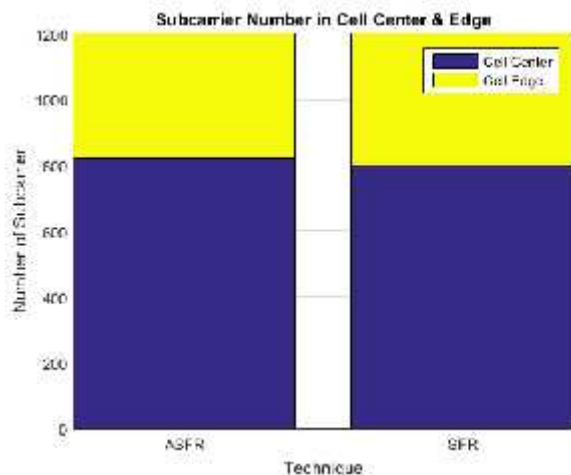
Gambar 5. Persebaran User dalam Satu Site

Jarak sampel CCU dari eNodeB 0.42 km. Sementara jarak sampel CEU dari eNodeB sama dengan radius sel yaitu 0.7 km mengikuti perhitungan perencanaan kapasitas. Jarak ini dijadikan acuan dalam perhitungan interferensi antar sel.

### IV. PEMBAHASAN

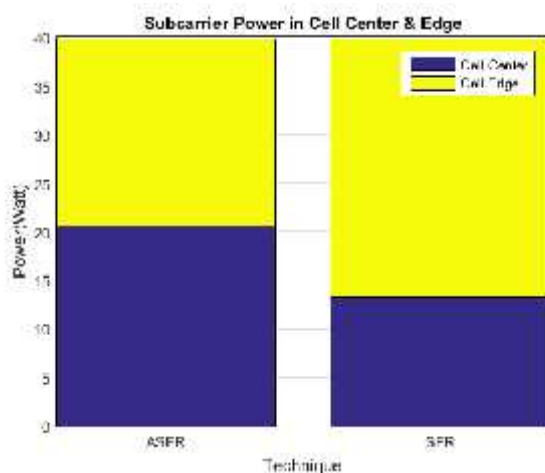
Simulasi unjuk kerja jaringan dilakukan dengan menggunakan software Matlab R2015a. Inisialisasi variabel dilakukan sesuai standar, teori, dan beberapa skenario yang telah disebutkan dalam bab sebelumnya. Analisis dilakukan terhadap hasil grafik keluaran hasil simulasi di Matlab.

### A. Analisis Jumlah Subcarrier dan Daya Subcarrier



Gambar 6. Alokasi Subcarrier Tiap User

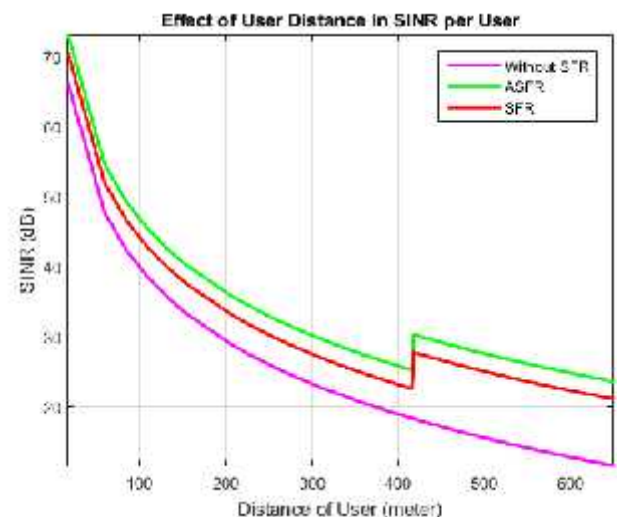
Pada ASFR, sebanyak 822 subcarrier dialokasikan untuk tengah sel dan sebanyak 378 subcarrier dialokasikan untuk tepi sel. Sementara pada teknik SFR, sebanyak 800 subcarrier dialokasikan untuk tengah sel dan 400 subcarrier dialokasikan untuk tepi sel. Alokasi subcarrier minor pada teknik ASFR lebih banyak dibanding pada teknik SFR.



Gambar 7. Alokasi Daya Subcarrier di Tengah Sel dan Tepi Sel

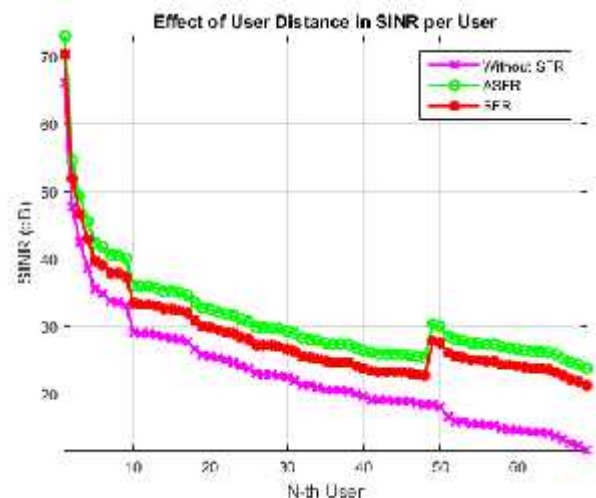
Alokasi daya subcarrier di tengah sel untuk sistem yang menggunakan teknik ASFR sebesar 20.58 W dan untuk teknik SFR sebesar 13.27 W. Sementara itu alokasi daya subcarrier di tepi sel untuk sistem yang menggunakan teknik ASFR sebesar 19.23 W dan untuk teknik SFR sebesar 26.54 W.

### B. Analisis Signal to Interference and Noise Ratio



Gambar 8. Pengaruh Jarak terhadap SINR tiap User

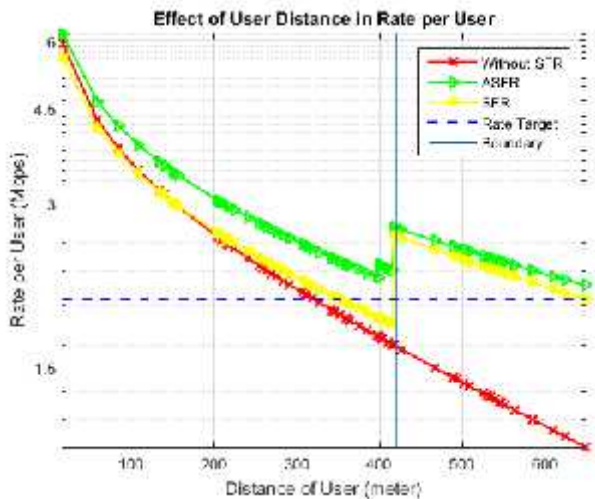
Dari gambar 7 untuk sistem dengan teknik SFR dan ASFR, terlihat bahwa SINR mengalami penurunan hingga jarak user pada 420 meter dari eNodeB. Lalu pada jarak lebih dari 420 meter, nilai SINR mengalami peningkatan yaitu sebesar 5.01 dB untuk teknik ASFR, 5.15 dB untuk teknik SFR. Hal ini disebabkan user pada jarak lebih dari 420 meter mendapatkan alokasi daya yang lebih tinggi dibandingkan user yang jaraknya kurang dari 420 meter. Terus menurunnya nilai SINR akibat jarak user yang semakin jauh dari eNodeB disebabkan oleh *pathloss* yang makin besar ketika jarak user semakin jauh dari e-NodeB sementara daya yang diterima tetap.



Gambar 9. SINR tiap User ke-n

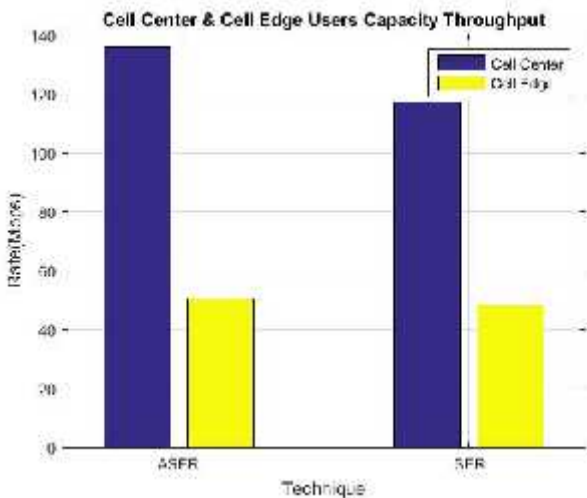
Pada gambar 9 terlihat bahwa nilai SINR tertinggi dicapai oleh user ke-1 yaitu sebesar 72.8949 dB yang menggunakan teknik ASFR, sedangkan SINR terendah dicapai oleh user ke-69 yaitu 11.6468 dB tanpa menggunakan teknik SFR. Rata-rata nilai SINR untuk sistem tanpa teknik SFR yaitu 22.8139 dB, untuk teknik SFR yaitu 28.6502 dB, dan untuk teknik ASFR yaitu 31.2724 dB.

### C. Analisis Laju Data Tiap User



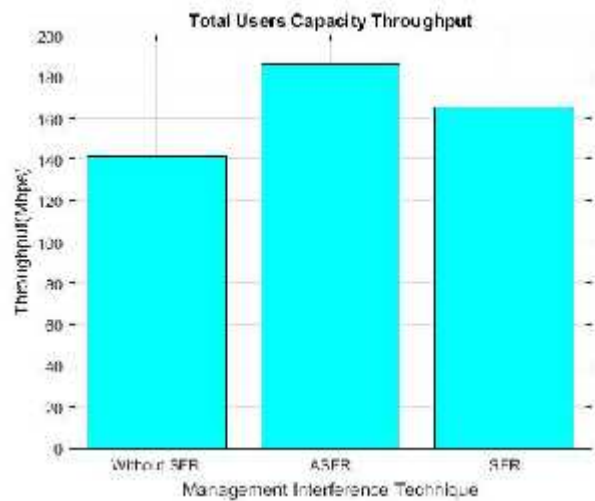
Gambar 10. Pengaruh Jarak User terhadap Laju Data User

Pada teknik ASFR terlihat semua user memiliki laju data di atas 2 Mbps. Pada jarak 400 - 420 meter terlihat peningkatan laju data akibat alokasi jumlah subcarrier yang berbeda pada user di jarak tersebut. Laju data terendah yang dicapai ASFR yaitu 2.1234 Mbps yaitu user pada jarak 647.41 meter dari eNodeB. Rata-rata laju data yang dicapai dengan menggunakan teknik Reuse 1 yaitu 2.0518 Mbps, dengan teknik SFR sebesar 2.3956 Mbps, dan dengan teknik ASFR sebesar 2.7014 Mbps.



Gambar 11. Total Kapasitas Throughput di Tengah Sel dan Tepi Sel

Untuk sistem yang menggunakan teknik SFR, total kapasitas throughput di tengah sel yaitu 117.0026 Mbps dan di tepi sel yaitu 48.29 Mbps. Sementara untuk sistem yang menggunakan teknik ASFR, total kapasitas throughput di tengah sel yaitu 135.9 Mbps dan di tepi sel yaitu 50.5 Mbps.



Gambar 12. Total Kapasitas Throughput dalam Satu Sel

Total kapasitas throughput sel tanpa teknik SFR mencapai 141.57 Mbps, dengan teknik SFR mencapai 165.29 Mbps, dan dengan teknik ASFR mencapai 186.39 Mbps.

### V. KESIMPULAN

Dengan penerapan teknik ASFR dalam simulasi unjuk kerja sebuah sel, didapatkan bahwa teknik ASFR lebih tahan terhadap interferensi akibat pengaruh jarak user dari e-NodeB, dibandingkan teknik SFR dan sistem tanpa SFR. Namun sistem yang menerapkan ASFR menjadi lebih kompleks karena membutuhkan kontrol daya yang lebih tinggi daripada teknik SFR. Dengan teknik ASFR, kapasitas throughput sel terhadap sistem tanpa SFR naik sebesar 31.66%, dan 12.76% lebih besar dibanding sistem dengan teknik SFR.

### REFERENSI

- [1] C. Thapa dan C. Chandrasekhar. (2012, August). Comparative Evaluation of Fractional Frequency Reuse (FFR) and Traditional Frequency Reuse in 3GPP-LTE Downlink. *International Journal of Mobile Network Communications & Telematics (IJMNCT)*. [Online]. 2(4), pp.45. Available: <http://airconline.com/ijwmn/V7N5/7515ijwmn06.pdf>
- [2] A. S. Hamza, S. S. Khalifa, H. S. Hamza and K. Elsayed, "A Survey on Inter-Cell Interference Coordination Techniques in OFDMA-Based Cellular Networks," in *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 15, no. 4, pp. 1642-1670, Fourth Quarter 2013.
- [3] A.Farhana, S.Kumbesan, K.Ai. (2015, Feb.). Interference Management In LTE Downlink Networks. *International Journal of Wireless & Mobile Networks (IJWMN)*. [Online]. 7 (1), pp. 91 - 106. Available: <http://aircse.org/journal/jwmn/7115ijwmn06.pdf>
- [4] R. A. Dziyauddin, F. Cao and Y. Jin, "An adaptive SFR in multicell networks," *2013 IEEE 24th Annual International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications (PIMRC)*, London, 2013, pp. 1764-1768.
- [5] M. Qian, W. Hardjawana, Y. Li, B. Vucetic, X. Yang and J. Shi, "Adaptive Soft Frequency Reuse Scheme for Wireless Cellular Networks," in *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 64, no. 1, pp. 118-131, Jan. 2015.
- [6] G. Giambene and T. A. Yahiya, "LTE planning for Soft Frequency Reuse," *Wireless Days (WD), 2013 IFIP, Valencia, 2013*, pp. 1-7.

- [7] Y. Yu, E. Dutkiewicz, X. Huang and M. Mueck, "Adaptive power allocation for soft frequency reuse in multi-cell LTE networks," *Communications and Information Technologies (ISCIT), 2012 International Symposium on*, Gold Coast, QLD, 2012, pp. 991-996.
- [8] Wardhana, Lingga. "4G Handbook Edisi Bahasa Indonesia". South Jakarta: nulisbuku.com, 2014.
- [9] Skype. (n.d.). How much bandwidth does Skype need?. [Online]. Available: <https://support.skype.com/en/faq/FA1417/how-much-bandwidth-does-skype-need>.