

Manajemen Interferensi *Femtocell* pada *LTE-Advanced* dengan Menggunakan Metode *Autonomous Component Carrier Selection* (ACCS)

Gatra Erga Yudhanto , Gamantyo Hendranto , dan Devy Kuswidiastuti
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri , Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111
E-mail: gamantyo@yahoo.com

Abstrak—Dalam bidang telekomunikasi yang berkembang pesat, maka teknologi *LTE (Long term Evolution)* telah berkembang lagi menjadi *LTE-Advanced* dengan harapan *bandwidth* yang disediakan bisa mencapai 100 MHz, maka hal itu diciptakan berbagai macam teknik, salah satunya adalah *CA (Carrier Aggregation)*, yaitu teknik untuk menggabungkan alokasi frekuensi yang terpisah-pisah. Manfaat dari teknik *CA* ini adalah memperbesar *bandwidth* demi memenuhi kecepatan data yang tinggi. Dalam sistem komunikasi terdapat interferensi dari masing-masing user yang ada di dalam sistem tersebut. Dalam proses manajemen interferensi yang terjadi dalam sistem, interferensi tersebut memiliki karakteristiknya sendiri-sendiri. Maka dari itu banyak sekali diriset tentang manajemen interferensi pada sistem komunikasi bergerak. *Femtocell* merupakan salah satu perangkat yang ada dalam sistem *LTE-Advanced* yang berfungsi sebagai penguat sinyal dalam ruangan, yang tersambung langsung pada arsitektur *LTE-Advanced*. Didalam Penelitian ini akan membahas Analisis performansi *femtocell* atau bisa disebut *HeNB (Home e Node B)* pada *LTE-Advanced* dengan memakai teknik *CA* dan metode *Autonomous component carrier selection* (ACCS) untuk manajemen interferensi. Simulasi yang dilakukan dengan menggunakan 3 buah *carrier* yang masing-masing memiliki besar 20 MHz, sehingga total *bandwidth* yang tersedia sebesar 60 MHz. Alokasi User sebanyak 8 MHz per user, dapat ditampung pada tiap *carrier* sebanyak 2 user per *carrier*, sehingga per detik nya sistem bisa memakai alokasi *bandwidth* sebesar 48 MHz. Dengan teknik *CA* dan ACCS dengan variasi user sebanyak 8,12,16 dan 20 pengguna, mengalami peningkatan nilai *throughput* ternormalisasi rata-rata masing-masing sebesar 12.5% , 8.3% , 6.2% dan 5% bila dibandingkan dengan hasil simulasi yang tidak menggunakan teknik *CA* dan metode ACCS tersebut.

Kata Kunci— *LTE, LTE-Advanced, ACCS, Carrier Aggregation, femtocell.*

I. PENDAHULUAN

PERKEMBANGAN dari teknologi telekomunikasi bergerak telah berkembang sangat pesat. Dalam memenuhi kebutuhan akan kecepatan data dan *bandwidth* yang sangat besar, maka diciptakannya teknologi *LTE* beroperasi pada frekuensi 1,4-20 MHz.

LTE berkembang lagi menjadi *LTE-Advanced* dengan harapan *bandwidth* yang disediakan bisa mencapai 100 MHz, maka hal itu diciptakan berbagai macam teknik, salah satunya adalah *Carrier Aggregation*, yaitu teknik untuk menggabungkan alokasi frekuensi yang terpisah-pisah. Manfaat dari teknik *Carrier Aggregation* ini adalah

memperbesar *bandwidth* demi memenuhi kecepatan data yang tinggi. Dalam sistem komunikasi terdapat interferensi dari masing-masing user yang ada di dalam sistem tersebut. Dalam interferensi yang terjadi, interferensi tersebut memiliki karakteristiknya sendiri-sendiri. Maka dari itu banyak sekali diriset tentang manajemen interferensi pada sistem komunikasi bergerak. *Femtocell* merupakan salah satu perangkat yang ada dalam sistem *LTE-Advanced* yang berfungsi sebagai penguat sinyal dalam ruangan, yang tersambung langsung pada arsitektur *LTE-Advanced*. Didalam Penelitian ini akan membahas Analisis performansi *femtocell* pada *LTE-Advanced* dengan memakai teknik *Carrier Aggregation* dan metode *Autonomous component carrier selection* (ACCS) untuk manajemen interferensi yang terjadi pada sistem [1].

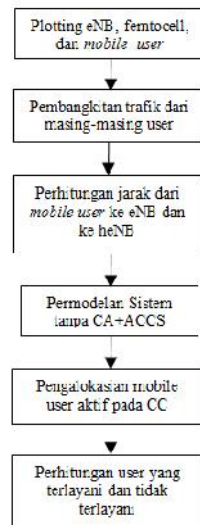
Analisis yang dilakukan pada sistem ini diharapkan dapat menghasilkan informasi mengenai seberapa efektif teknik *Carrier Aggregation* dan metode *Autonomous component carrier selection* (ACCS) dalam manajemen interferensi *femtocell* pada sistem *LTE-Advanced* tersebut. Hal ini dibandingkan dengan sistem *LTE-Advanced* yang tidak menggunakan teknik *Carrier Aggregation* dan metode *Autonomous component carrier selection* (ACCS)[2].

II. URAIAN PENELITIAN

A. Tahap Pemodelan Sistem

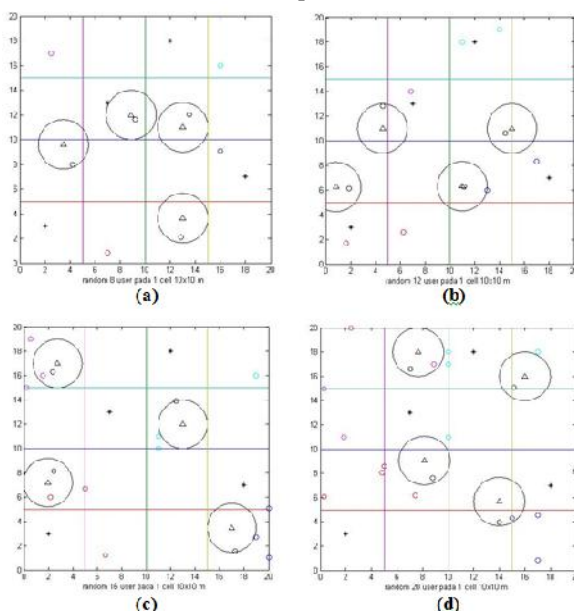
Ada beberapa langkah dalam proses simulasi sistem *LTE-Advanced* tanpa menggunakan teknik *CA* dan ACCS. Langkah pertama yang dilakukan adalah memodelkan sistem dan membangkitkan perangkat-perangkat yang ada didalamnya antara lain adalah *eNB, HeNB* dan *mobile user*. Setiap *eNB* yang dibangkitkan, akan memiliki lokasi yang fix, dan tidak berubah-ubah. Sedangkan setiap *HeNB* dan *mobile user* yang dibangkitkan akan memiliki jarak tertentu yang dibangkitkan secara *random* pada setiap wilayah coverage *eNB*. Dalam mekanisme *random mobile user*, ada 1 user yang dibangkitkan di dekat *HeNB*. Nilai jarak pada *mobile user* akan digunakan dalam menentukan nilai *Carrier to Interference (C/I)* pada setiap sel sehingga dapat digunakan untuk pertimbangan dalam metode ACCS. Setiap nilai *C/I* menunjukkan kualitas kanal dari masing-masing *Mobile user* yang dilayani. *Mobile user* yang aktif, didasarkan pada trafik yang telah dibangkitkan pada sistem. Setelah selesai melakukan proses tersebut, maka kita

melakukan pengukuran data. Data yang diambil adalah seberapa besar kemampuan dari sistem tersebut dalam melayani *mobile user* yang melakukan koneksi dan sukses untuk dilayani. Kemudian dibandingkan dengan jumlah *mobile user* yang tidak terlayani dalam sistem. Metode dari pengujian sistem ini dilakukan beberapa kali dengan jumlah *mobile user* yang berbeda di setiap pengujannya, jumlahnya antara lain 8, 12, 16, dan 20 *mobile user*. Hal ini dilakukan agar menunjukkan efisiensi dari teknik CA dan ACCS dan terlihat perbedaan yang terjadi pada sistem, sehingga dapat diambil analisis dengan lebih baik. Langkah metode pengujian digambarkan pada blok diagram pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram proses pengujian sistem LTE-Advanced tanpa CA & ACCS.

Pada langkah awal simulasi, baik menggunakan teknik CA dan ACCS maupun tidak menggunakan teknik CA dan ACCS akan dilakukan plotting eNB, HeNB, dan *mobile user*. Skenario plotting eNB dan HeNB dengan 8,12,16,20 *mobile user* akan di ilustrasikan pada Gambar 2.

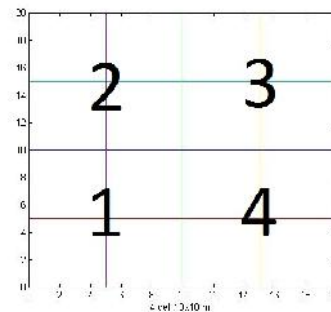


Gambar 2. Skenario plotting eNB dan HeNB dengan (a) 8, (b) 12, (c) 16, (d) 20 *mobile user*

Keterangan :

- : User pada wilayah ke-1
- : User pada wilayah ke-2
- : User pada wilayah ke-3
- : User pada wilayah ke-4
- : User yang terbangkit di wilayah HeNB
- * : eNB pada tiap wilayah
- Δ : HeNB pada tiap wilayah

Pada gambar 2 terdapat 4 cakupan wilayah yang dibatasi oleh tembok di tiap wilayah, adapun wilayah tersebut akan dijelaskan pada Gambar 3.



Gambar 3. Skenario plotting wilayah cakupan

Setelah dilakukan plotting maka dapat melakukan perhitungan yang lainnya. Perhitungan jarak antara *mobile user* ke eNB atau *mobile user* ke HeNB. Setelah itu baru kita dapat melakukan pembangkitan trafik per *mobile user*, dan ketika setiap *mobile user* telah memiliki trafik sendiri-sendiri, maka dapat dibuat sebuah sistem, dimana setiap *mobile user* aktif membutuhkan alokasi bandwidth yang telah ditentukan, dan setiap CC memiliki alokasi bandwidth yang telah ditentukan pada sub bab selanjutnya, dan jumlah CC juga telah ditentukan pada sub bab selanjutnya. Pada akhirnya akan dapat diketahui jumlah maksimum *mobile user* yang dapat dilayani per satuan detik.

Pada blok diagram pada Gambar 4 akan dijelaskan mengenai proses pengujian sistem LTE-A dengan teknik CA dan metode ACCS, maka akan dapat dilihat perbedaan dari proses yang menggunakan teknik CA dan metode ACCS, dengan tanpa. Dalam metode ACCS ini dikenal *Background Interference Matrix* (BIM).



Gambar 4. Diagram proses pengujian sistem LTE-Advanced dengan CA & ACCS.

Pada kedua diagram yang telah ada diatas, kita dapat melihat perbedaan antara proses yang tidak menggunakan teknik CA dan metode ACCS dengan proses yang menggunakan teknik CA dan metode ACCS. Pada metode CA & ACCS ada pengefisiensian spektrum frekuensi dengan menggunakan teknik CA dan pengecekan kembali pada metode ACCS dengan berdasar pada matrix BIM yang sudah dibuat dari perhitungan C/I antara mobile user dengan eNB dan HeNB.

B. Parameter Simulasi

Parameter	Deskripsi
1. Skenario	Simulasi ini dilakukan dalam area lokal 20 × 20 m dan terbagi 4 sel /wilayah masing-masing 10 × 10 m dengan 1 eNB terbangkit dengan lokasi fix di tiap sel, dan 1 HeNB terbangkit dengan lokasi random di tiap sel.
2. Jumlah User	Bervariasi 8, 12, 16, dan 20 <i>mobile user</i>
3. Component Carrier	3 <i>component carrier</i> dengan besar spektrumnya masing-masing <i>component carrier</i> = 20 MHz, Total <i>bandwidth</i> dalam sistem = 60 MHz dalam $f_c = 3.5$ GHz
4. Transmit power pada tiap eNB	200mw / 23 dbm
5. Transmit power pada tiap heNB	20 mw / 13 dbm
6. Gain antena system	3dB
7. Redaman dinding	10dB
8. Trafik <i>mobile user</i>	Pembangkitan trafik <i>mobile user</i> dilakukan menggunakan distribusi poisson acak dan memiliki rata-rata <i>Holding time</i> = 5 menit dan <i>inter-arrival time</i> = 10 menit
9. Waktu pengamatan	3600 detik
10. Alokasi <i>mobile user</i> aktif	8 Mhz

Perhitungan jarak antara setiap *User* dengan eNB pada simulasi dilakukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$d = \sqrt{(ax - ux)^2 + (ay - uy)^2} \quad (1)$$

Dengan d menyatakan jarak (meter), ax dan ay menyatakan koordinat x dan kordinat y dari eNB, ux dan uy menyatakan koordinat x dan koordinat y pada *mobile user*.

Pembangkitan Trafik *Mobile User*

Tabel 1. *Holding time* untuk 16 *mobile user*

Us er ke	Sm 1	Sm 2	Sm 3	Sm 4	Sm 5	Sm 6	Sm 7	Sm 8	Sm 9	Sm 10
1	1083	314	483	181	170	523	26	43	57	149
2	5	1242	55	34	140	66	202	124	909	759
3	329	232	359	329	59	41	2097	56	10	247
4	64	168	197	39	267	77	146	262	87	103
5	511	91	271	7	166	113	53	59	165	30
6	157	514	380	1039	227	118	33	283	453	165
7	305	949	83	338	102	334	356	21	88	76
8	186	166	185	441	117	461	191	11	58	384
9	63	102	29	258	345	237	166	310	313	341
10	441	129	325	161	553	537	89	285	262	233
11	236	383	222	1520	74	34	35	20	156	178
12	224	227	592	199	150	334	406	220	128	49
13	345	365	175	6	121	166	95	66	517	169
14	119	334	173	538	439	55	594	1378	217	647
15	36	44	341	205	63	205	48	17	571	247
16	225	196	485	78	207	693	256	560	403	265

Tabel 2. *Inter-arrival time* untuk 16 *mobile user*

Us er ke	Sm 1	Sm 2	Sm 3	Sm 4	Sm 5	Sm 6	Sm 7	Sm 8	Sm 9	Sm 10
1	1068	976	37	306	449	324	642	593	207	339
2	32	803	188	330	476	1716	325	2447	215	725
3	1282	664	127	276	371	2398	102	1161	621	283
4	576	185	1044	2433	786	253	526	68	1421	1270
5	548	382	714	722	611	21	43	231	454	638
6	57	186	100	198	348	449	367	1249	438	1725
7	661	1116	253	910	675	4	553	293	1486	1
8	385	99	250	561	128	805	167	1496	188	870
9	606	1742	141	741	162	76	561	359	368	651
10	1224	185	230	76	1686	622	392	612	472	625
11	273	865	593	887	1621	2161	128	90	715	59
12	529	182	27	844	167	350	698	267	800	301
13	1312	298	879	303	992	844	284	146	938	1789
14	532	101	134	313	829	1048	936	230	458	57
15	1592	716	525	1014	1267	2701	0	1203	569	2760
16	170	659	52	590	649	785	1328	2421	879	523

$$\frac{1}{T_{ht}} = -\frac{1}{\lambda} \ln(1 - V) = -\frac{T_{ht}}{\lambda} \ln(1 - V) \quad (2)$$

$$IAT = -\frac{1}{\lambda} \ln(1 - V) = -T_{iat} \ln(1 - V) \quad (3)$$

Dengan T_{ht} menyatakan waktu rata-rata pendudukan selama 300 detik, dan T_{iat} menyatakan waktu rata-rata kondisi idle selama 600 detik.

Pembangkitan dari trafik dalam penelitian ini dilakukan acak dengan menggunakan distribusi eksponensial negatif, dan tiap *mobile user* mempunyai nilai *Holding time* dan *Inter-arrival time*. *Holding time* dan *Inter-arrival time* tersebut dibangkitkan secara acak. *Holding Time* adalah waktu yang diperlukan oleh *mobile user* untuk melakukan koneksi atau pendudukan pada *component carrier* dengan kata lain waktu pelayanan dari *Mobile user* setiap melakukan koneksi. Sedangkan *Inter-arrival Time* adalah waktu *mobile user* ketika tidak melakukan pendudukan pada *component carrier*.

Perhitungan C/I

C = Transmit power eNB yang digunakan + gain antena - NLOS

I = Transmit power eNB yang menginterferensi + gain antena - NLOS

Dimana NLOS didapatkan dengan cara

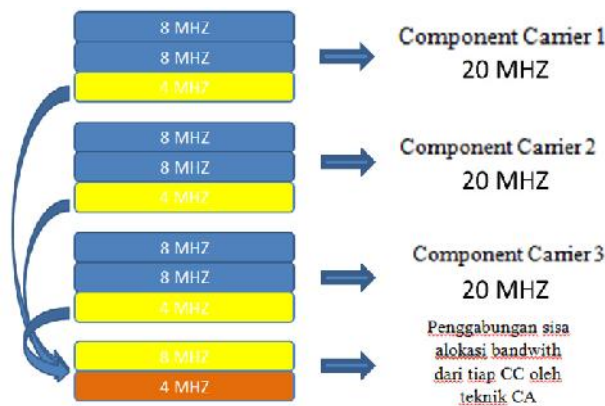
$$NLOS = 20 \log 10d + 46.4 + n_w L_w + 20 \log 10(f_c/5.0) \quad (4)$$

C. Teknik CA dan Metode ACCS

Dengan parameter simulasi yang ada di atas, maka diterapkan teknik carrier aggregation dengan menggunakan 3 carrier, dan masing-masing carrier memiliki besar 20 MHz. Alokasi setiap *mobile user* yang aktif adalah 8 MHz. Hal tersebut dapat diilustrasikan dalam gambar 5.

Tiap *component carrier* dapat dimasuki oleh 2 *mobile user* aktif yang memiliki besar 16 MHz sehingga tersisa 4 MHz dalam tiap *component carrier* dengan trafik penuh, sehingga dengan trafik penuh sistem LTE-A tanpa CA dengan parameter diatas dapat melayani maksimal 6 User.

Carrier Aggregation dapat memaksimalkan bandwidth yang tersisa dari tiap CC, sehingga dapat menambah 1 alokasi user dengan trafik yang penuh, menjadi 7 user yang dapat dilayani dengan trafik penuh.



Gambar 5. Spektrum Hasil dari teknik CA

Metode *Autonomous Component Carrier Selection* (ACCS) diterapkan pada simulasi ini tepatnya pada waktu pengalokasian *Mobile user*. Sesuai fungsi dan manfaat yang dijelaskan pada Bab II. A. Metode ACCS memiliki dua algoritma antara lain, Algoritma *primary component carrier* (PCC) dan Algoritma *secondary component carrier* (SCC). Metode ACCS diterapkan bilamana pengalokasian *mobile user* dalam kondisi sebagai berikut:

- (1) Algoritma PCC diterapkan setiap kali ada eNB yang baru aktif dan mendapatkan *user*-nya yang pertama.
- (2) Algoritma SCC diterapkan setiap kali ada *user* yang baru aktif pada sebuah eNB. Namun, kondisi *component carrier* sudah penuh oleh PCC

Dalam menentukan teorema PCC dan SCC ini terdapat pula *Background Interference Matrix* (BIM) yang menjadi dasar dalam pemilihan *user* yang diterima atau ditolak dalam sistem LTE-A yang dibuat di dalam penelitian ini.

BIM merupakan sebuah matriks yang berisi kumpulan dari nilai C/I antar sel. Didalam skenario sistem ada sebanyak 4 sel dimana setiap sel memiliki 1 eNB dan 1 HeNB. Di bawah ini adalah contoh BIM dari 16 *mobile user*.

Tabel 3. contoh BIM (dB) untuk 16 *mobile user*

Wajah ke	terhadap user ke	eNB1	eNB2	eNB3	eNB4	HeNB 1	HeNB 2	HeNB 3	HeNB4
1	user 1	55.959	57.813	43.969	45.015	100	100	100	100
	user 2	-35.933	-36.756	-42.107	-40.504	-100	-100	-100	-100
	user 3	57.808	57.038	42.760	42.796	100	100	100	100
	user 4	-100	-100	-100	-100	-36.833	-33.383	-33.872	-47.930
2	user 5	-44.654	-35.659	-32.192	-43.834	-100	-100	-100	-100
	user 6	58.007	59.300	40.129	42.001	100	100	100	100
	user 7	-41.383	-34.877	-40.309	-45.123	-100	-100	-100	-100
	user 8	100	100	100	100	50.667	56.019	52.075	55.058
3	user 9	-45.717	-42.504	-41.672	-45.015	-100	-100	-100	-100
	user 10	-46.243	-40.845	-34.130	-40.304	-100	-100	-100	-100
	user 11	45.385	58.673	38.673	42.796	100	100	100	100
	user 12	-100	-100	-100	-100	-36.855	-33.365	-35.012	-52.523
4	user 13	-42.113	-39.884	-40.513	-39.387	-100	-100	-100	-100
	user 14	59.304	61.711	41.366	58.991	100	100	100	100
	user 15	-44.295	-42.085	-42.202	-42.126	100	100	100	100
	user 16	-100	-100	-100	-100	-39.781	-36.151	-34.736	-57.141

Nilai C/I pada BIM menunjukkan -100 dimaksudkan penulis agar dapat membedakan *mobile user* mana yang harus dilayani HeNB atau yang harus dilayani oleh eNB.

Terlihat pada tabel 3 perhitungan nilai C/I yang dihasilkan dipengaruhi oleh beberapa parameter yang diinputkan, seperti sudah dijelaskan dalam perhitungan C/I pada bab 2. Arsiran berwarna **kuning** menandakan bahwa *mobile user* tersebut terbangkit di sekitar HeNB dan dirancang untuk dilayani oleh HeNB saja, sehingga agar

mobile user tersebut tidak bisa dilayani oleh eNB maka, nilai C/I *mobile user* tersebut terhadap semua eNB akan bernilai -100, sehingga nanti nya metode ACCS tidak akan memilih *mobile user* dengan arsiran berwarna **kuning** ketika dia aktif, untuk dilayani oleh semua eNB.

Arsiran berwarna **hijau** menandakan bahwa *mobile user* yang mendapatkan arsiran berwarna **hijau** adalah *mobile user* yang terbangkit di sekitar HeNB dan dirancang untuk dilayani oleh HeNB tempat dimana *mobile user* tersebut diarsir berwarna **hijau**.

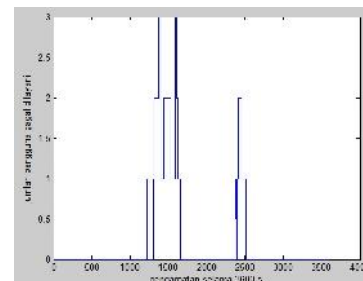
Arsiran berwarna **biru** menandakan bahwa, tempat dimana *mobile user* yang diarsir **biru** ketika *mobile user* tersebut aktif maka akan langsung dilayani oleh list dari eNB yang terdapat pada tabel 3 tersebut. Hal ini dipilih berdasarkan nilai C/I terbaik antara satu *mobile user* dengan semua eNB. Jika suatu *mobile user* mendapatkan nilai C/I terbaik dari eNB1, maka ketika aktif dia akan dilayani oleh eNB tersebut, begitu pula jika dia mendapat nilai C/I terbaik dari eNB yang lain.

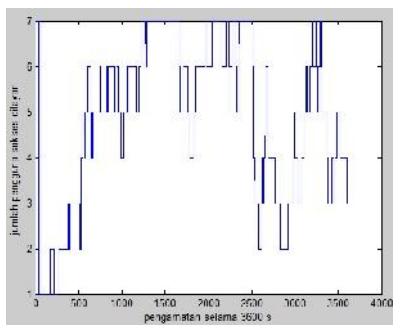
III. HASIL ANALISA

Hasil akhir dari penelitian ini adalah didapatkannya jumlah *mobile user* yang sukses dilayani, dan jumlah *mobile user* yang tidak terlayani oleh sistem yang telah dibuat di dalam simulasi ini. Akan tetapi karena terdapat BIM maka seharusnya bisa dilihat *mobile user* mana yang diterima atau ditolak oleh sistem, dikarenakan ACCS menggunakan BIM sebagai dasar untuk melayani atau menolak suatu *mobile user* yang aktif secara bersamaan ketika trafik penuh.

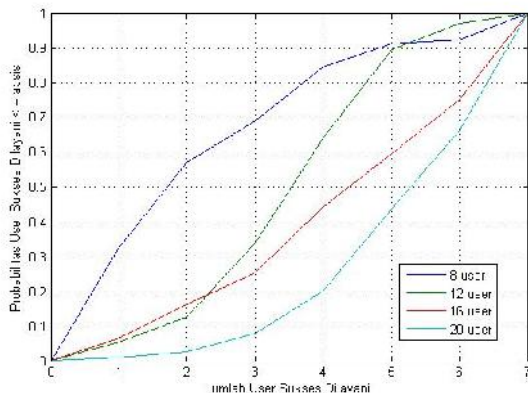
Trafik yang dibangkitkan dikodekan menjadi 0 dan 1 tiap detik, jika pada detik itu *mobile user* sedang aktif, maka dikodekan menjadi 1, sedangkan ketika *mobile user* tidak aktif maka dikodekan menjadi 0 selama 3600 detik. Dengan begitu *Holding time* dan *Inter-arrival time* dari masing-masing *user* bisa terkodekan dengan baik. Dengan dikodekan seperti ilustrasi di atas maka berdasarkan *Holding time* dan *Inter-arrival time* dapat diketahui jumlah *user* yang aktif per detik selama 3600 detik, dan jika dihubungkan dengan teknik CA maka bisa diketahui jumlah *mobile user* yang sukses dilayani atau ditolak. Dengan metode ACCS bisa diketahui, *mobile user* mana yang sukses dilayani dan *mobile user* mana yang ditolak, karena metode ACCS berdasarkan pada table C/I masing-masing *mobile user* terhadap eNB dan HeNB yang ada pada system LTE-A yang disimulasikan pada penelitian ini.

Pada simulasi sistem LTE-A akan dilakukan pengamatan dengan 2 cara yang mendasar, yaitu dengan menggunakan CA dan ACCS, dan tanpa menggunakan CA dan ACCS. Dari kedua hal diatas dapat dibandingkan tingkat keefektifan CA dan ACCS jika diterapkan pada sistem yang telah dibuat.

Gambar 8. Grafik *mobile user* yang gagal dilayani dari 16 *mobile user*

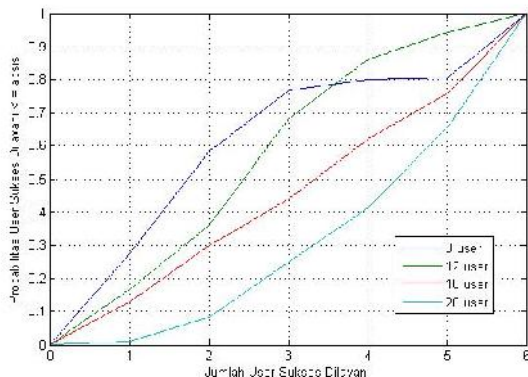


Gambar 9. Grafik *mobile user* yang sukses dilayani dari 16 *mobile user*



Gambar 10. Grafik CDF dari 8, 12, 16, dan 20 *mobile user* dengan CA+ACCS

Dari gambar 10 dapat dilihat bahwa setiap bertambahnya *mobile user* dalam sistem, maka kemungkinan muncul jumlah *mobile user* sukses dilayani dalam jumlah yg besar akan bertambah. Dalam plot CDF 8, 12, 16, dan 20 *mobile user* dimati pada jumlah user sukses dilayani sebanyak 5 user, didapatkan nilai probabilitas < 5 berturut-turut 0.9131, 0.8961, 0.5967, dan 0.4378. Jadi dalam hal ini dapat disimpulkan bahwa semakin banyak jumlah *mobile user* yang terbangkit maka kemungkinan *mobile user* yang sukses dilayani lebih besar daripada 5 akan semakin naik.



Gambar 11. Grafik CDF dari 8, 12, 16, dan 20 *mobile user* tanpa CA+ACCS

Dibandingkan antara gambar 4.18 dan gambar 4.19 maka perbedaan yang jelas terlihat adalah, jumlah *mobile user* maksimal yang dapat dilayani adalah sebesar 7 untuk gambar 4.18 dan 6 untuk gambar 4.19, hal ini disebabkan karena CA dan ACCS. Sedangkan untuk analisa

perbandingan yang menggunakan CA dan ACCS dengan yang tidak menggunakan yang dicuplik dari 5 user yang sukses dilayani untuk 8 *mobile user* probabilitas tanpa CA dan ACCS lebih dari 5 adalah 0.1933 dan yg dengan CA dan ACCS sebesar 0.0896. Untuk 20 *mobile user* probabilitas tanpa CA dan ACCS lebih dari 5 adalah 0.345 dan dengan CA dan ACCS sebesar 0.5622. Hal ini terjadi karena pada user yang terbangkit dengan 8 *mobile user* yang menggunakan dan tanpa menggunakan CA dan ACCS hanya mendapatkan maksimum 6 *mobile user* dan 7 *mobile user* sehingga persentase kemungkinan untuk mendapatkan user yang online bersama-sama sebanyak lebih dari 5 user akan lebih jarang dibandingkan dengan jumlah user yang terbangkit sebanyak 20 *mobile user* dengan distribusi model trafik yang sama untuk setiap *mobile user*.

Tabel 4. Prosentase ideal (maksimum) peningkatan efisiensi penggunaan *component carrier*

Jumlah pengguna	Prosentase jumlah pengguna sukses dilayani (%)		Peningkatan (%)
	Tanpa CA & ACCS	Dengan CA & ACCS	
8	75	87.5	12.5
12	50	58.3	8.3
16	37,5	43.7	6.2
20	30	35	5

Tabel 5. Prosentase peningkatan efisiensi penggunaan *component carrier* sesuai simulasi

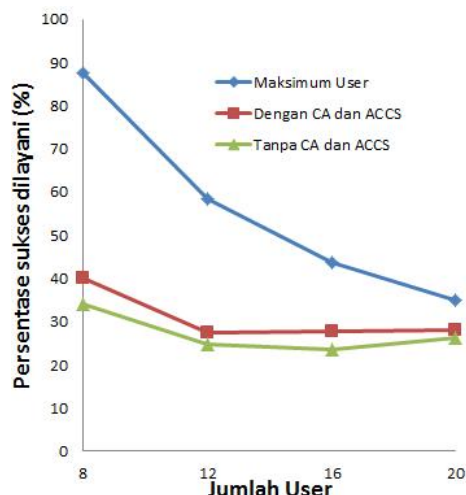
Jumlah pengguna	Prosentase jumlah pengguna sukses dilayani (%)		Peningkatan (%)
	Tanpa CA & ACCS	Dengan CA & ACCS	
8	34.05	40.23	6.18
12	24.88	27.41	2.53
16	23.49	27.79	4.3
20	26.30	28.01	1.71

Dari kedua tabel 4 dan 5 dapat dibuat grafik prosentase sukses yang diambil dari rata-rata 10 simulasi, seperti yang ditunjukkan pada gambar 12.

Dari grafik pada gambar 12 dapat dianalisa, bahwa presentase pengguna yang sukses dilayani pada waktu trafik penuh yang digambarkan dengan garis **biru** semakin menurun dengan variasi *mobile user* yang semakin banyak, hal ini disebabkan karena semakin banyak *mobile user* yang mengakses maka kanal semakin tidak mencukupi, sehingga semakin banyak *mobile user* yang ditolak pada saat trafik penuh.

Sedangkan pada garis **merah** dan garis **hijau** dapat dibandingkan sistem dengan menggunakan CA dan ACCS yang diwakili warna **merah** dan tanpa menggunakan CA dan ACCS yang diwakili oleh warna **hijau** dapat diamati bahwa garis warna **merah** memiliki prosentase sukses dilayani lebih besar daripada yang **hijau**, hal ini menunjukkan

keefektifan dari CA dan ACCS dalam menambah jumlah pengguna.



Gambar 12. Grafik perbandingan persentase sukses dilayani

IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

LTE-Advanced adalah suatu teknologi yang dapat menjadi solusi di masa depan, sebagai pemenuhan kebutuhan akan informasi baik berupa data, suara, ataupun video yang semakin hari membutuhkan *bandwidth* yang semakin besar, dan kecepatan yang semakin tinggi.

Perangkat *femtocell* pada sistem LTE-Advanced dapat menjadi solusi untuk menambah *coverage* dari suatu operator seluler yang mengusung teknologi LTE-Advanced di masa depan.

Berdasarkan hasil simulasi yang ada maka sistem LTE-Advanced dengan penambahan perangkat *femtocell*, pada keadaan trafik yang penuh, lalu dibandingkan antara yang menggunakan teknik CA dan metode ACCS. Maka didapatkan peningkatan maksimum *mobile user* yang bisa dilayani dalam sistem sebesar 12,5 % dengan 8 *mobile user* yang ada di dalam sistem, 8,3%, 6,5%, dan 5% berturut-turut dengan menggunakan 12, 16, dan 20 *mobile user*. Sedangkan dengan trafik yang telah ditentukan dengan ketentuan trafik waktu rata-rata pendudukan 300 detik dan waktu rata-rata kondisi idle 600 detik yang diamati selama 3600 detik maka didapatkan peningkatan prosentase pengguna sukses dilayani adalah 6.18%, 2.53%, 4.3%, dan 1.71%, berturut-turut untuk 8, 12, 16, dan 20 *mobile user*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Alpaeska, "Analisis Performansi LTE-Advanced Dengan Carrier Aggregation Untuk Manajemen Interferensi". ITS, (2012).
- [2] L. G. U. Garcia, K. I. Pedersen, and P. E. Mogensen, "Autonomous Component Carrier Selection: Interference Management in Local Area Environments for LTE-Advanced," Communications Magazine, IEEE, (2009, September).