TERAKREDITASI RISTEKDIKTI No. 36b/E/KPT/2016

Jurnal Rekayasa Elektrika

VOLUME 15 NOMOR 3 Desember 2019

Evaluasi Penerapan Metode Cell Splitting Terhadap Peningkatan Kapasitas dan Kualitas Jaringan LTE 169-176

Hasanah Putri, Febryyanti Nawang Wulan, Fiqhi Anugerah, Ainur Rizqi Aulia, dan Dhea Anjar Sari

JRE	Vol. 15	No. 3	Hal 157–202	Banda Aceh, Desember 2019	ISSN. 1412-4785 e-ISSN. 2252-620X

Jurnal Rekayasa Elektrika Vol. 15, No. 3, Desember 2019, hal. 169-176
ISSN. 1412-4785; e-ISSN. 2252-620X, Terakreditasi RISTEKDIKTI No. 36b/E/KPT/2016
DOI: 10.17529/jre.v15i3.14741

Evaluasi Penerapan Metode Cell Splitting Terhadap Peningkatan Kapasitas dan Kualitas Jaringan LTE

Hasanah Putri, Febryyanti Nawang Wulan, Fiqhi Anugerah, Ainur Rizqi Aulia, dan Dhea Anjar Sari
Fakultas Ilmu Terapan, Telkom University
Jalan Telekomunikasi No.1, Terusan Buah Batu, Bandung 40257
e-mail: hasanahputri@tass.telkomuniversity.ac.id

***Abstrak*—Berdasarkan hasil *survey* dan *drivetest* di Jalan Karawitan Bandung - Indonesia diperoleh nilai parameter radio yang termasuk buruk bila mengacu pada standar *Key Performance Indicator* (KPI) Operator. Parameter yang diamati yaitu *Reference Signal Received Power* (RSRP) < -90 dBm, *Signal to Interference Noise Ratio* (SINR) < 5 dB, dan *throughput* < 800 Mbps. Wilayah ini merupakan wilayah potential market dimana terdapat tempat wisata, perniagaan, perkantoran, dan perumahan. Selain itu berdasarkan data *Operating Support Systems* (OSS) menunjukkan adanya ketidakseimbangan antara trafik user dan kapasitas sel yang berpengaruh pada kualitas jaringan. Selain itu pula terdapat *customer complaint* untuk kualitas jaringan *Long Term Evolution* (LTE) di area perkantoran. Pada artikel ini dilakukan perencanaan cell splitting untuk meningkatkan kapasitas dan kualitas jaringan LTE menggunakan *software Atoll* 3.3. Hasil perencanaan menunjukkan bahwa terjadi peningkatan performansi jaringan yaitu nilai RSRP meningkat sebesar 13,32%, SINR meningkat sebesar 52,75%, dan *throughput* meningkat sebesar 236%.**

Kata kunci: ***cell splitting, jaringan LTE, Atoll 3.3, Bandung, kapasitas dan kualitas***

***Abstract*—Based on the results of the survey and drivetest on Jalan Karawitan Bandung - Indonesia, the value of radio parameters is considered poorly accepted by the Standard Operator Performance Indicator (KPI) standards. The parameters observed were Reference Received Power (RSRP) <-90 dBm, Signal to Interference Noise Ratio (SINR) <5 dB, and throughput <800 Mbps. This region is a potential market region including tourist attractions, businesses, offices, and housing. In addition, based on data from the Operating Support System (OSS), there is an imbalance between traffic users and cell capacity that supports network quality. In addition, there are customer complaints about the quality of the Long Term Evolution (LTE) network in the office area. In this article cell separation planning is carried out to increase the capacity and quality of LTE networks using Atoll 3.3 software. The results of planning show that an increase in network performance is the value of RSRP increased by 13.32%, SINR increased by 52.75%, and throughput increased by 236%.**

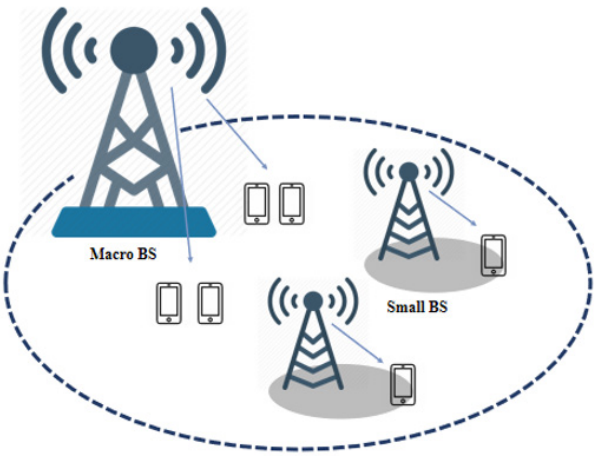
Keywords: ***cell splitting, LTE network, Atoll 3.3, Bandung, capacity and quality***

Copyright © 2019 Jurnal Rekayasa Elektrika. All right reserved

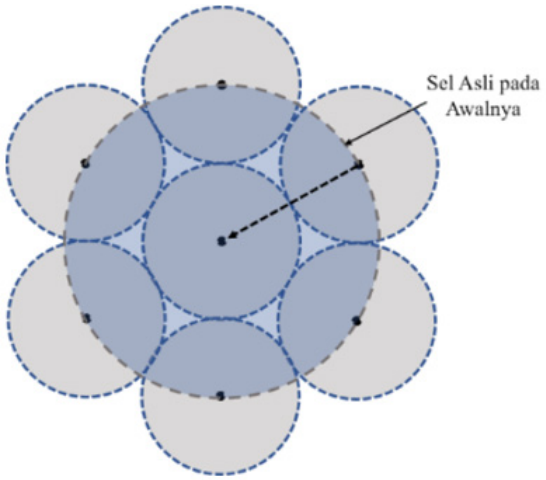
I. PENDAHULUAN

Studi kasus penelitian dilakukan di Jalan Karawitan dan Jalan Kebon Kopi, Bandung, Indonesia. Kedua wilayah ini termasuk area yang besar di kota Bandung. Di sekitar area terdapat tempat wisata, perniagaan, perkantoran, dan perumahan. Hal ini menjadikan wilayah tersebut termasuk *potential market area*. Dari hasil *drive test*, diperoleh nilai parameter *radio frequency (RF)* yang buruk. Selain itu, berdasarkan hasil identifikasi data *Operating Support System (OSS)* yang berawal dari adanya *customer complain* menunjukkan adanya ketidakseimbangan antara trafik *user* dan kapasitas sel yang berpengaruh pada kualitas dan *throughput* jaringan. Akan tetapi, di wilayah tersebut tidak memungkinkan untuk dibangun *tower macrocell* karena membutuhkan lahan yang cukup luas dan biaya yang tidak murah, serta Izin Mendirikan Bangunan (IMB) sulit diperoleh. Ada tiga langkah dalam meningkatkan kapasitas jaringan seluler. Langkah pertama, yaitu dengan menerapkan ukuran sel yang lebih kecil dengan membangun *base station* baru dan memperkecil ukuran tiap selnya yang sudah ada. Langkah kedua, yaitu dengan meningkatkan *bandwidth*. Langkah terakhir, yaitu dengan meningkatkan ataupun memperbarui teknologi komunikasi yang sedang digunakan [1]. Namun, langkah kedua dan ketiga tidak mungkin dilakukan karena keterbatasan *spektrum frekuensi* yang dimiliki oleh operator dan pembaharuan teknologi yang memakan waktu yang cukup lama dalam segi proses dan pengimplementasiannya. Melihat kondisi tersebut, langkah paling efektif yang dapat dilakukan adalah dengan menerapkan ukuran sel yang lebih kecil yaitu membangun *microcell*. Adapun prinsip

Received 09 October 2019; Revised 05 December 2019; Accepted 06 December 2019



Gambar 1. Perbandingan macrocell dan *microcell*



Gambar 2. Skema *microcell*

kerja dari *cell splitting* sendiri adalah dengan memecah sel makro menjadi beberapa sel kecil dan menempatkannya di antara sel yang sudah ada. Setiap pecahan ini memiliki *site* sendiri dengan tinggi antena dan daya pancar yang lebih rendah [2]. Semakin banyak pecahan sel, semakin banyak pula site yang dihasilkan sehingga akan menambah jumlah kanal yang berdampak pada semakin besar pula kapasitas trafiknya. Pada [3] dilakukan peningkatan kapasitas sistem selular dengan cara memperkecil dimensi sel dengan tujuan untuk memperbaiki nilai SNR. Sedangkan pada [4] dilakukan *cell splitting* menjadi *micro cell*, *pico cell*, dan *femto cell* dengan mengamati parameter SNR. Parameter-parameter yang dianalisis pada peneltian ini diantaranya yaitu RSRP, SINR, dan *throughput*

II. Studi Pustaka

A. Microcell

Perencanaan *microcell* merupakan salah satu teknik dalam optimasi jaringan RF dengan cakupan yang lebih kecil yaitu berkisar antara 500 m – 1000 m dengan daya pancar lebih rendah dibandingkan *macrocell*, yaitu tidak lebih dari 38 dBm atau 5 Watt. Salah satu faktor penentu radius dari *microcell* sendiri adalah ketinggian antenanya yang tidak lebih dari 30 m. Hal ini disebabkan karena dalam perencanaannya antena *microcell* dibangun di atas gedung atau hanya dipasang pada sebuah tiang atau *pole* [5]. Gambar 1 merupakan ilustrasi perbandingan antara cakupan *macrocell* dan *microcell*.

Dalam permasalahan *capacity overload*, *small cell* atau *microcell* dapat meningkatkan ketersediaan kanal pada suatu wilayah [6]. Gambar 2 merupakan ilustrasi peningkatan ketersediaan kapasitas pada suatu wilayah dengan ukuran sel yang lebih kecil.

Jika setiap sel diperkecil dengan jangkauan radius setengah dari radius sel awal maka untuk mencakup keseluruhan wilayah yang sama, dengan sel-sel yang lebih kecil ini membutuhkan sekitar empat kali dari jumlah sel semula. Hal ini dapat digambarkan dengan Persamaan (1), (2), dan (3).

$$Radius\ sel\ baru = \frac{Radius\ sel\ lama}{2}, \quad (1)$$

$$Area\ sel\ baru = \frac{Area\ sel\ lama}{4}, \quad (2)$$

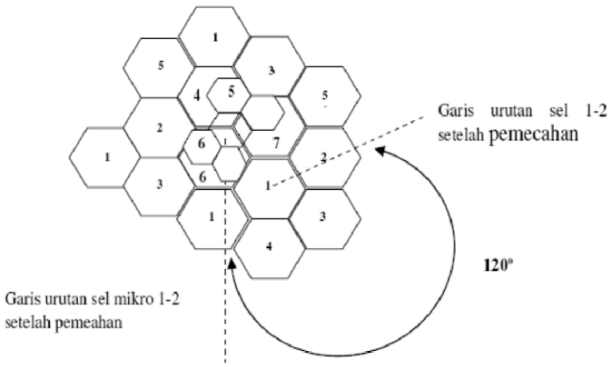
$$(Beban\ trafik\ baru)\ /\ area = 4 \times Beban\ trafik\ lama\ /\ area. \quad (3)$$

Jika suatu wilayah dengan luas tertentu dapat dicakup oleh sebuah *macrocell,* maka dengan luas wilayah yang sama, *microcell* dapat dibangun untuk membantu menambah kapasitas jaringan. Ukuran sel yang lebih kecil juga dikhususkan untuk titik-titik wilayah yang memiliki trafik yang tinggi. Sehingga untuk mengatasi permasalahan kapasitas, operator menggunakan *small cell* atau *microcell* sebagai pengganti dari *macrocell* [7]. Jumlah sel yang semakin banyak membuat kapasitas trafik sistem juga semakin bertambah. Ukuran sel yang semakin kecil akan meningkatkan kapasitas trafik karena dengan semakin kecil cakupan sel maka akan menambah jumlah *site* kemudian akan menambah jumlah *cluster*. Meningkatnya jumlah *cluster* akan meningkatkan jumlah kanal yang berarti meningkatkan kapasitas trafik [8]. Sehingga *microcell* dalam perencanaannya bertujuan untuk meningkatkan kapasitas serta mengatasi *bad spot* maupun *blank spot* [9].

B. Cell Splitting

Cell splitting merupakan metode pemecahan sebuah sel besar dengan intensitas komunikasi yang padat menjadi sel-sel yang lebih kecil dan menempatkannya diantara sel-sel yang sudah ada. Setiap sel pecahan ini masing-masing memiliki *Base Station* (BS) sendiri dengan daya pancar dan ketinggian antena yang lebih rendah. Dengan menggunakan metode ini, kapasitas sistem seluler dapat ditingkatkan dengan bertambahnya jumlah kanal per satuan wilayah karena metode ini akan membentuk sel baru dengan pola perulangan yang mengikuti pola aslinya [10].

Dalam penerapan metode ini, tidak semua sel dipecah menjadi sel yang lebih kecil karena sangat tidak mungkin



Gambar 3. Metode *cell splitting*

mencari kondisi ideal untuk melakukan pemecahan sel. Pemecahan sel yang semakin banyak dapat membuat sistem menjadi lebih kompleks, seperti pengaturan jarak minimum untuk memperoleh *Carrier to Interference* (C/I) yang optimal serta faktor *handover*. Semakin kecil jarak antar sel maka semakin kompleks proses *handover* untuk pengguna yang bergerak dengan kecepatan tinggi [11].

Gambar 3 mengilustrasikan contoh model pemecahan sel. Perbatasan antara sel nomor 4, nomor 6, dan nomor 7 akan dipecah menjadi sel kecil, karena di sekitar lokasi tersebut trafiknya sudah terlalu padat. Dengan model kluster tujuh (K=7), dan mempertimbangkan jarak pisah yang relatif seimbang terhadap sel-sel tetangganya, maka sel pecahan ini diberi nomor 1. Sudut yang dibentuk oleh garis lurus yang ditarik antara sel nomor 1 dan sel nomor 2 pada sel semula dan pada garis lurus yang ditarik antara *microcell* nomor 1 dan *microcell* nomor 2 (sel baru hasil pecahannya) tetap membentuk sudut 120º. Arah putar urutan sel nomor 1 sampai dengan 7 tetap sama, yakni searah jarum jam [12]–[13].

Apabila P_{t0} merupakan daya yang dipancarkan oleh BS pada *macro cell* (sel yang belum dipecah), sedangkan P_{t1} merupakan daya yang ditransmisikan oleh BS pada sel-sel pecahannya dan γ menyatakan eksponen redaman lintasan yang berada pada rentang 2 sampai 5, apabila kurang dari 2 termasuk kondisi *free space*. Maka, daya yang diterima (P_r) di batas-batas tepi sel dinyatakan dengan persamaan (4) dan (5) berikut (dimana α konstanta),

$$P_r\left(batas\,tepi\,sel\,lama\right) = \alpha\, P_{t0}\, R_0^{-\gamma}, \quad (4)$$

$$P_r\left(batas\,tepi\,sel\,baru\right) = \alpha\, P_{t1}\, (\frac{R_0}{2})^{-\gamma}. \quad (5)$$

Untuk tipe *mobile radio environment*, $\gamma = 4$ daya yang diterima diatur sehingga besarnya sama antar satu dengan lainnya. Selanjutnya dari Persamaan (4) dan (5) tersebut didapatkan Persamaan (6) berikut,

$$P_r = \frac{P_{t0}}{16}. \quad (6)$$

Dengan kata lain, daya yang dipancarkan oleh sel baru harus diperkecil 12 dB (nilai ini diperoleh dari) untuk mengisi cakupan wilayah asli dengan *microcell*. Saat *cell splitting* dilakukan, nilai jarak dari faktor *frequency reuse* selalu konstan. *Traffic load* dapat meningkat sebanyak empat kali di area yang sama setelah sel asli dipecah menjadi empat sel baru. Kemudian sel baru ini dipecah kembali menjadi sel lebih kecil yang mengakibatkan *traffic load* meningkat sebanyak 16 kali. Ketika pemecahan ini terus berlanjut maka Persamaan (7) adalah persamaan umum yang digunakan untuk menghitung *traffic load*.

$$TL_{acs} = (4)^n \times TL_{scs}, \quad (7)$$

dimana,
TL_{acs} = *Traffic Load setelah cell splitting*
TL_{scs} = *Traffic Load sebelum cell splitting.*

Nilai n adalah berapa kali pemecahan sel tersebut dilakukan. Jika n = 4, artinya sel asli terpecah menjadi 4 sel, dari sel baru ini akan terpecah lagi hingga 4 kali pemecahan. Sehingga *traffic load* menjadi 256 kali lebih besar dari *traffic load* sel asli.

III. METODE

Penelitian ini dikerjakan secara sistematis sesuai dengan pedoman perencanaan provider seluler. Beberapa data pendukung, seperti *engineer parameter site existing*, data OSS, dan standar *KPI* operator, serta data penduduk wilayah perencanaan dijadikan sebagai acuan dalam membangun *microcell* dengan penerapan *cell splitting* dan disimulasikan dengan *software* Atoll 3.3. Hasil akhir dari penelitian ini adalah menganalisis dan membandingkan kondisi jaringan di wilayah perencanaan sebelum dan sesudah merancang *microcell* menggunakan metode *cell splitting*. Adapun parameter-parameter yang dianalisis antara lain RSRP, SINR, dan *throughput* yang didapat setiap *user* saat mengakses jaringan.

A. Identifikasi Spesifikasi Microcell

Sebelum melakukan perencanaan, terlebih dahulu menentukan wilayah objek yang memiliki permasalahan jaringan. Hal ini berawal dari adanya laporan keluhan *user* sehingga selanjutnya dapat diidentifikasi apakah benar jaringan di wilayah terkait dalam kondisi buruk. Berdasarkan hasil survey wilayah ini digolongkan sebagai wilayah *urban* karena bangunan tinggi dan hambatan yang mempengaruhi kualitas sinyal terima ynag cukup banyak. Dari data kependudukan, sekitar area studi kasus, dapat dispesifikasikan pengguna operator 3 melalui piramida *forecasting number of user* untuk periode akhir Maret 2019 seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Setelah diperoleh jumlah pengguna LTE tahun 2019, selanjutnya dilakukan estimasi kembali untuk lima tahun ke depan, yakni tahun 2024 (diperlihatkan pada Tabel 2) dari jumlah pengguna tahun 2019 untuk melihat peningkatan pengguna yaitu menggunakan Persamaan (8).

$$a\left(hm\right)\left(urban\right) = (1{,}1\log\left(f\right) - 0{,}7)hm - \left(1{,}56\,log\left(f\right) - 0{,}8\right). \quad (8)$$

Setelah diperoleh persentase kenaikan jumlah pengguna

Tabel 1. Estimasi pengguna operator pada bulan maret 2019

Estimasi Pengguna LTE Operator 3 Bulan Maret		
Parameter	Persentase (%)	Jumlah (Jiwa)
Total Populasi Penduduk	100	5.249
Populasi Produktif (15-65 tahun)	80	4.195
Pengguna Telepon Seluler	100	4.195
Pengguna Operator 3	7	295
Pengguna LTE	52	151

Tabel 2. Estimasi peningkatan pengguna operator pada 2024

Persentase Kenaikan Pengguna Operator 3		
Parameter	Variabel	Nilai
Pengguna LTE (2019)	P0	151 jiwa
Laju Pertumbuhan Penduduk	r	1,34 %
Rentang Tahun	t	5 tahun
Pengguna LTE (2024)	Pn	161 jiwa
Persentase Kenaikan (2019 -2024)	-	7 %

pada tahun 2024, selanjutnya mendapatkan e*xisting site.* Data ini didapat dari data *engineering parameter* operator jaringan seluler yang merupakan kumpulan informasi mengenai identitas *site*, mencakup *longitude*, *latitude*, *antenna height*, *azimuth*, *tilting*, dan lain-lain. Dalam perencanaan *cell splitting* ini, melibatkan beberapa *existing site.* Letak *existing site* area perencanan ditunjukkan pada Tabel 3 dan kondisi *existing site* ditunjukkan pada Tabel 4.

Setelah mengetahui letak dan kondisi *existing site* dari data *engineering parameter*, kemudian dilakukan impor data-data tersebut pada *software Atoll 3.3.*

Sebelum mensimulasikan *site existing*, terlebih dahulu dilakukan pembatasan wilayah perencanaan. Pada Gambar 4 terdapat area yang dibatasi dengan garis merah dan garis hijau. Garis merah disebut dengan *computation zone* yang berarti area yang akan dikalkulasikan dalam simulasi prediksi, sedangkan garis hijau disebut dengan *focus zone* yang berarti area yang akan difokuskan dalam simulasi.

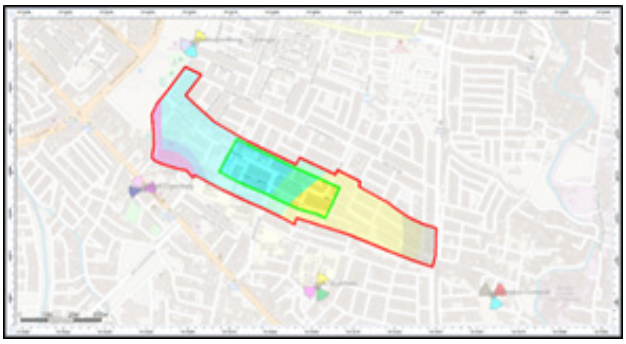
Hasil simulasi tersebut dapat ditujukkan pada Gambar 5 sampai dengan Gambar 7.

Dari hasil simulasi untuk parameter RSRP (Gambar 5) pada *focus zone* diperoleh 2,81 % cakupan pada rentang > -90 s.d. -80 dBm, 90,97 % cakupan berada pada rentang nilai > -100 s.d. -110 dBm, dan 6,23 % cakupan berada pada rentang nilai > -110 s.d -100 dBm. Nilai rata-rata simulasi yang diperoleh pada *focus zone* sekitar -94,71 dBm dan pada *computation zone* 88,28 dBm.

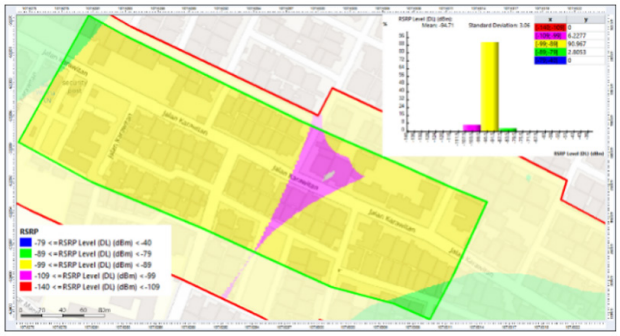
Dari hasil simulasi SINR (Gambar 6) pada *focus zone* diperoleh 6.35 % cakupan berada pada rentang nilai > 12 dB, 38,78 % cakupan berada pada rentang nilai > 8 s.d. 12 dB, 37,86 % cakupan berada pada rentang nilai >5 s.d. 8 dB, dan 17,01 % cakupan berada pada rentang nilai >0

Tabel 3. Letak *existing site*

Site ID	*Site Name*	*Longitude*	*Latitude*
100501	MaskumambangTurangga	107.626553	-6.934611
103185	XL-Buahbatu	107.630742	-6.942614
600970	Regol-Cigereleng	107.62486	-6.93944
106629	Jatimulya-Gumuruh	107.63663	-6.94285



Gambar 4. Letak *existing site by Atoll 3.3*



Gambar 5. Hasil simulasi *existing site* parameter RSRP

s.d.. 5 dB. Nilai rata-rata simulasi yang diperoleh pada *focus zone* sekitar 7,81 dB dan pada *computation zone* diperoleh 10,53 dB.

Dari hasil simulasi *throughput* (Gambar 7) pada *focus zone* diperoleh 43,57 % cakupan berada pada rentang nilai > 800 s.d. 1.000 kbps dan 56,43 % cakupan berada pada rentang nilai > 100 s.d. 800 kbps. Nilai rata-rata simulasi *throughput* yang diperoleh pada *focus zone* sekitar 664,54 kbps dan *computation zone* diperoleh 664,49 kbps.

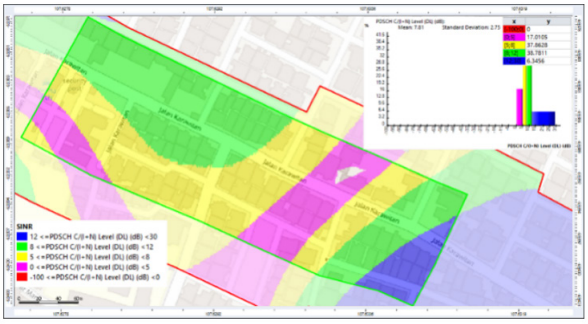
Setelah diperoleh nilai RSRP, SINR, dan *throughput*, selanjutnya dilakukan *initial drive test* untuk mengetahui performansi jaringan secara *real time* di suatu wilayah. Hasil pengukuran diperlihatkan pada Gambar 8. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa di area ini kualitas sinyal terima *user* termasuk kategori buruk.

Setelah dilakukan *initial drive test* dilakukan identifikasi OSS. Identifikasi OSS ini dilakukan dengan menganalisis kepadatan trafik sebuah *site* secara *real time* sehingga dapat diketahui *site* maupun sektor yang sedang bermasalah. Gambar 9 memperlihatkan *existing transmitter* di sekitar area perencanaan.

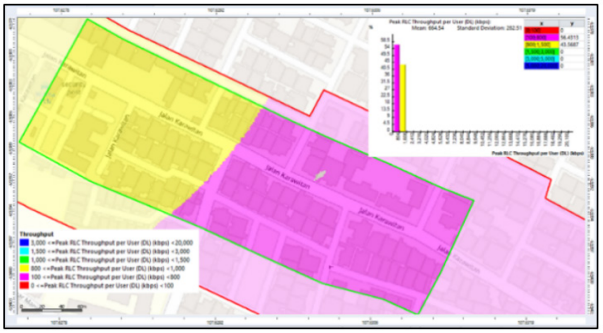
Berdasarkan grafik pada Gambar 10 diperoleh

Tabel 4. Kondisi *existing site*

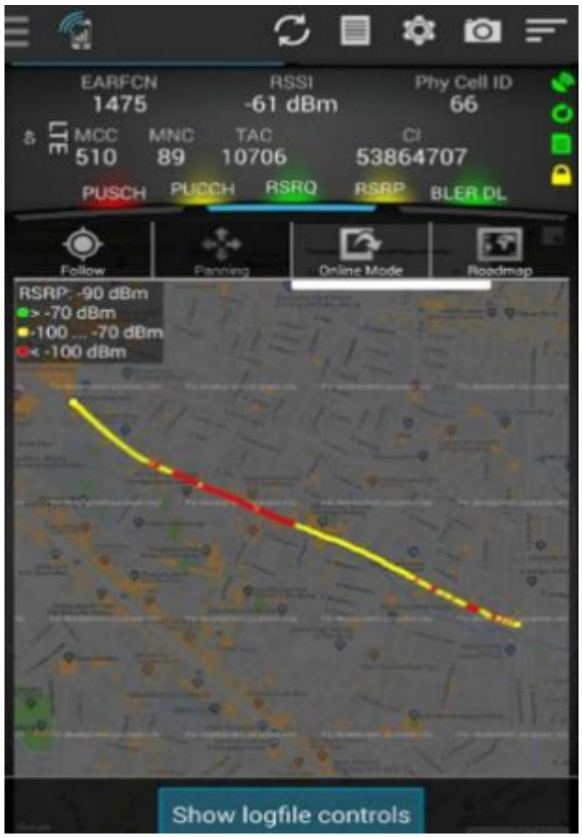
Cell Name	Height Antenna (m)	Azimuth	Mecha-nical Tilt	Electri-cal Tilt
100501_ MaskumambangTurangga-4G-1	30	45	6	2
100501_ MaskumambangTurangga-4G-2	30	195	4	2
100501_ MaskumambangTurangga-4G-3	30	260	4	2
103185_XL-Buahbatu-4G-1	28	30	3	3
103185_XL-Buahbatu-4G-2	28	150	3	4
103185_XL-Buahbatu-4G-3	28	240	3	4
600970_Regol-Cigereleng-4G-1	24	80	5	3
600970_Regol-Cigereleng-4G-2	24	260	1	2
600970_Regol-Cigereleng-4G-3	24	330	3	4
106629_Jatimulya-Gumuruh-4G-1	26	60	2	4
106629_Jatimulya-Gumuruh-4G-2	26	160	3	7
106629_Jatimulya-Gumuruh-4G-3	26	300	2	5



Gambar 6. Hasil simulasi *existing site* parameter SINR



Gambar 7. Hasil simulasi *existing site* parameter *Throughput*



Gambar 8. Hasil *initial drive test*

nilai rata-rata *throughput* sektor 1 Regol-Cigereleng (6009701), yaitu sebesar 136,49 kbps dari sisi *downlink* dan 168,19 kbps dari sisi *uplink*. Nilai tersebut tentunya sangat jauh dari standar Operator. Dari data tersebut terlihat bahwa sektor tersebut mengalami *user overload* yang berdampak pada penerimaan *throughput* yang rendah. Dari proses ini dapat disimpulkan bahwa sektor 1 Regol-Cigereleng (6009701) perlu dilakukan pemecahan kapasitas agar dapat meningkatkan *throughput* di daerah cakupan sektor tersebut. Selain itu, identifikasi ini juga sebagai acuan penentuan batasan wilayah perencanaan, khususnya *focus zone.*

Dalam penentuan peletakan *microcell*, identifikasi *Timing Advance* (TA) sangat berperan untuk mendapatkan titik yang tepat dalam meletakkan *microcell* dari jumlah akses terbanyak pada jarak tertentu. Dengan peletakan *microcell* yang tepat dapat meningkatkan performansi jaringan, baik dari sisi kualitas maupun kecepatan. Berdasarkan identifikasi TA, diperoleh hasil bahwa jumlah akses terbanyak atau pengguna tertinggi dari sektor 1 Regol-Cigereleng (6009701) berada pada rentang jarak 234 m sampai 546 m, yaitu sekitar 10.212 sampai 10.736 pengakses. Informasi mengenai *measurement sample* pada TA ini dapat ditunjukkan pada Tabel 5. Dari proses ini, dapat disimpulkan bahwa posisi tepat *microcell* dapat diletakkan pada jarak antara 234 m sampai 546 m dari sektor 1 Regol-Cigereleng (6009701).

B. *Perhitungan Coverage dan Capacity Planning*

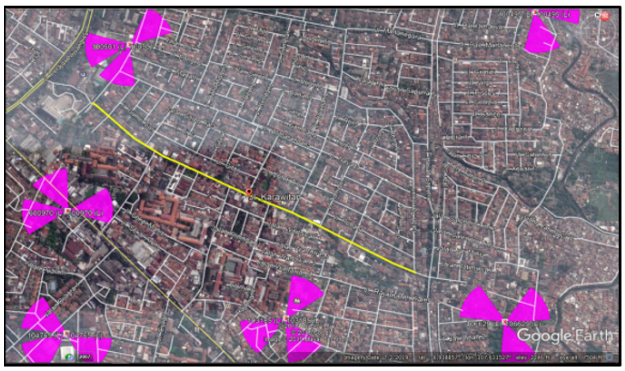
Sebelum melakukan perencanaan *microcell* diperlukan jumlah sel hasil pemecahan dari sel makro. Terdapat dua pendekatan untuk memperoleh jumlah sel ini, yaitu

Tabel 5. *Measurement sample* dari TA

Transmitter Name	Measurement Sample In Timing Advance					
	Distance (m)					
	0	78	234	546	1014	1950
Regol-Cigareleng-1	671	5.487	10.736	10.212	211	31

Tabel 6. Spesifikasi Sektor 1 Regol-Cigoreleng

Spesifikasi Sektor 1 Regol-Cigoreleng		
Parameter	Unit	Spesifikasi
Klasifikasi Wilayah Perencanaan	MHz	1800
Luas Wilayah Perencanaan	MHz	10
Frekuensi Kerja	°	107.629669
Bandwidth	°	-6.939221
Tinggi Antena	m	17
Jumlah Antena	Buah	3
Daya	dBm	38



Gambar 9. *Existing transmitter* di sekitar area perencanaan

coverage planning dan *capacity planning* menggunakan spesikasi dari sel makro yang mengalami permasalahan jaringan, yaitu Sektor 1 Regol-Cigoreleng. Spesifikasi tersebut dapat ditunjukkan pada Tabel 6 berikut ini.

Berdasarkan perhitungan *link budget* pada sisi *downlink* dan *uplink* didapatkan nilai *Maximum Allowable Path Loss (*MAPL) *uplink* sebesar 139,566 dB dan *downlink* sebesar 144,648 dB. Hasil perhitungan berdasarkan *coverage planning* ditunjukkan pada Tabel 7.

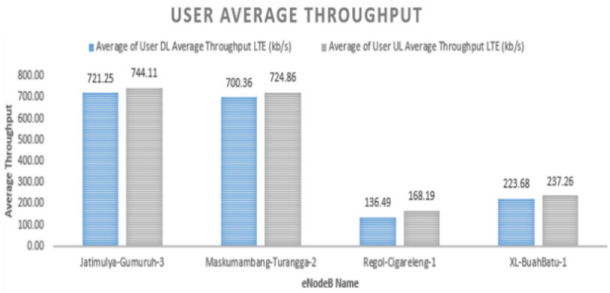
Berdasarkan hasil perhitungan tersebut diperoleh jumlah sel pada sisi *uplink* sebanyak 0,091 dan sisi *downlink* sebanyak 0,047 yang kemudian keduanya dibulatkan menjadi1 (satu). Sedangkan berdasarkan pendekatan *capacity planning* dilakukan untuk memperoleh jumlah *site* berdasarkan jumlah pengguna yang berada di wilayah perencanaan. Perhitungan ini juga melalui beberapa tahapan diantaranya mengestimasikan jumlah pengguna yang akan dilayani, mempersiapkan standar layanan dan trafik untuk kebutuhan perhitungan, memperhitungkan *throughput* untuk setiap layanan, memperhitungkan *throughput* yang akan diperoleh setiap pengguna dan keseluruhan pengguna, serta memperhitungkan kebutuhan

Tabel 7. Hasil perhitungan berdasarkan *coverage planning*

Perhitungan *Coverage Planning*				
Parameter	Variabel	Unit	Nilai (UL)	Nilai (DL)
Luas Wilayah	L	km^2	0,23	0,23
Frekuensi Kerja	f	MHz	1800	1800
Tinggi Antena BS	hb	m	17	17
Tinggi Antena MS	hm	m	1,5	1,5
MAPL	PL	dB	128.136	126.108
Faktor Koreksi Daya	cm	dB	0	0
Parameter	Variabel	Unit	Nilai (UL)	Nilai (DL)
Faktor Koreksi Antena MS	a(hm)	-	0,043	0,043
Radius Sel	d	km	0,488	0,43

Tabel 8. Hasil perhitungan *capacity planning*

Perhitungan Capacity Planning				
Parameter	Variabel	Unit	Nilai (UL)	Nilai (DL)
Throughput Pengguna	SUT	Kbps	9,509	36,377
Throughput Jaringan	NT	Mbps	7,436	28,447
Kapasitas Site	Site Capacity	Mbps	29,416	24,514
Jumlah site	Number of site	-	0,253	1,160



Gambar 10. *User average throughput*

site berdasarkan persamaan yang telah ditentukan. Adapun estimasi jumlah pengguna pada sektor 1 Regol-Cigoreleng diambil dari data OSS, yaitu sebesar 781 pengguna rata-rata selama satu minggu. Tabel 8 berikut merupakan hasil perhitungan *capacity planning.*

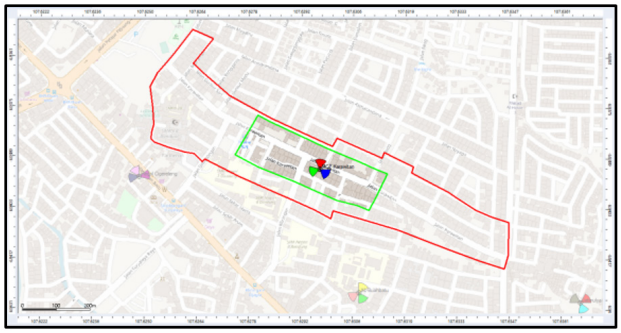
Dari hasil perhitungan ini, diperoleh jumlah *site* pada sisi *uplink* sebanyak 0,253 dan sisi *downlink* sebanyak 1.160 *site*. Jika dibulatkan pada sisi *downlink* menjadi 2 (dua) *site*. Dengan kata lain, dari sisi kapasitas memerlukan *site* tambahan diluar dari *site existing* berupa *microcell.*

C. Perencanaan Microcell

Perhitungan daya dari sel pecahan setelah dilakukan *cell splitting* dapat dilakukan menggunaan persamaan (6) dimana daya sel asli (*macrocell*) yang diperoleh dari *engineer parameter*, yaitu sebesar 2,5 Watt atau 34 dBm. Hasil perhitungannya dapat ditunjukkan sebagai berikut:

Tabel 9. Perbandingan daya setelah cell splitting berdasarkan nilai γ

Hasil Perhitungan Daya Setelah Cell Splitting Berdasarkan Nilai γ		
Eksponen Redaman Lintasan (x)	Daya	
	Watt	dBm
2	10	40
3	5	37
4	2,5	34
5	1,25	31



Gambar 11. Letak *microcell by software Atoll 3.3*

$$P_{t1} = \frac{P_{t2}}{16}$$

$$P_{t1} = \frac{40W}{16}$$

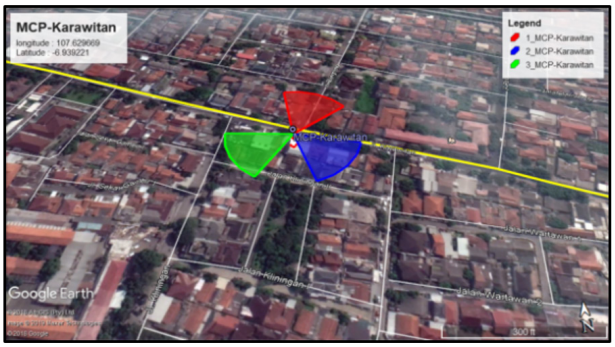
$$P_{t1} = 2,5W = 34\ dBm$$

Berdasarkan teori perhitungan daya sel baru (*microcell*) setelah dilakukan pemecahan, didapat dayanya sebesar 34 dBm atau sebesar 2,5 Watt, sedangkan apa yang diimplementasikan di lapangan berada pada rentang 37 dBm - 38 dBm atau setara dengan 5 Watt atau lebih besar dua kali lipat dari daya yang diperoleh secara teori. Hal itu dapat terjadi karena secara teori tidak memperhatikan kondisi *real* lapangan. Seperti pada persamaan (6) bahwa perhitungan daya secara teori dipengaruhi oleh eksponen redaman lintasan (γ) yang memiliki rentang 2 - 5, dimana <2 menunjukkan kondisi lingkungan yang hampa udara. Umumnya γ bernilai 4 untuk tipe *mobile radio environment* [14]. Tabel 9 berikut merupakan hasil perhitungan daya berdasarkan nilai eksponen redaman lintasan. Setelah mendapatkan nilai daya, selanjutnya dilakukan simulasi peletakan *microcell*. Tabel 10 merupakan Informasi mengenai spesifikasi dari peletakan *microcell.*

Perencanaan *microcell* ini bekerja pada *band 3* pita frekuensi 1800 MHz dengan *bandwidth* sebesar 10 MHz. Hal tersebut mendasari penggunaan model propagasi Cost-231. Perencanaan ini juga menggunakan tiga sektor antena setinggi 17 meter. Walaupun berdasarkan hasil perhitungan dari sisi kapasitas seperti pada Tabel 10 hanya membutuhkan satu sel, tetapi dalam simulasi dan pengimplementasian akan kurang menguntungkan bagi operator jika hanya mengaktifkan satu sektor saja yang sudah menyewa lahan peletakan *microcell* secara penuh. Untuk menyeimbangkan biaya operasional, maka digunakan tiga sektor. Selain itu, meninjau dari

Tabel 10. Spesifikasi peletakan *microcell*

Spesifikasi Perencanaan Microcell		
Parameter	Unit	Spesifikasi
Frekuensi Kerja	MHz	1800
Bandwidth	MHz	10
Longitude	°	107.629669
Latitude	°	-6.939221
Altitude	m	681
Tinggi Antena	m	17
Jumlah Antena	Buah	3
Daya	dBm	38
Mechanical Azimuth	°	Tx1: 30 ; Tx2: 140 ; Tx3: 250
Mechanical Downtilt	°	Tx1: 0 ; Tx2: 0 ; Tx3: 0



Gambar 12. Letak *microcell by Software Google Earth*

wilayah perencanaan yang merupakan *potential market* akan sangat memungkinkan di masa yang akan datang *overload capacity* akan terjadi. Perencanaan *microcell* dengan memaksimalkan tiga sektor ini diharapkan dapat menanggulangi hal tersebut. Masing-masing sektor antena tersebut memiliki *mechanical downtilt* sebesar 0° serta memiliki *azimuth* berurutan sebesar 30°, 140°, dan 250°. Kemudian, untuk daya yang digunakan, yaitu sebesar 5 Watt (38 dBm) berdasarkan standar BS konvensional untuk *microcell*. Adapun hasil dari peletakan *microcell* ini dapat ditunjukkan pada Gambar 11 dan Gambar 12.

IV. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan dengan memperhatikan parameter RSRP, SINR, dan *throughput* diperoleh hasil yang berbeda-beda, namun masih dalam rentang standar KPI. Perbandingan hasil simulasi *existing site*, skenario 1: hasil pemecahan *cell splitting* berupa *microcell* tanpa dilakukan *physical tuning,* dan skenario 2: setelah diterapkan *physical tuning* berupa *mechanical tilting*. Perbandingan hasil simulasi dari kedua skenario tersebut ditunjukkan pada Tabel 11.

Berdasarkan simulasi, skenario 1 dapat meningkatkan nilai rata-rata parameter RSRP sebesar 12,8 %, SINR sebesar 39,05 %, dan *throughput* sebesar 221,37 % untuk tiap penggunanya. Berdasarkan simulasi skenario 2 yang telah dilakukan dapat meningkatkan nilai rata-rata

Tabel 11. Perbandingan hasil perencanaan

Perbandingan Hasil Perencanaan				
Kondisi		RSRP (dBm)	SINR (dB)	Throughput (Kbps)
Existing Site		-94,71	7,81	664,54
Skenario 1		-82,58	10,86	2.135,62
Skenario 2		-82,09	11,93	2.233,62
Persentase	Skenario 1	12,8 %	39,05 %	221,37 %
	Skenario 2	13,32 %	52,75 %	236 %

parameter RSRP sebesar 13,32 %, SINR sebesar 52,75 %, dan *throughput* sebesar 236 % untuk tiap penggunanya. Hal ini sudah memenuhi standar KPI operator, bahwa pembangunan *microcell* dari hasil *cell splitting macrocell* dengan radius lebih rendah dapat meningkatkan performansi jaringan di wilayah Jalan Karawitan, khususnya di sekitar area *focus zone*.

V. KESIMPULAN

Dari simulasi yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa perencanaan *microcell* dengan metode *cell splitting* yang disertai *physical tuning* yang tepat dapat meningkatkan performansi jaringan. Di area studi kasus ini, nilai RSRP mencapai -82,09 dBm dengan persentase kenaikan sebesar 13,32%, SINR mencapai 11,93 dB dengan persentase kenaikan sebesar 52,75%, dan *throughput* mencapai 2.233,62 kbps untuk setiap pengguna dengan persentase kenaikan sebesar 236%. Nilai ini telah memenuhi standar KPI operator 3.

Untuk parameter SINR terjadi kenaikan yang cukup signifikan. Hasil simulasi dengan menerapkan *physical tuning* menunjukkan peningkatan jika dibandingkan dengan skenario tanpa *physical tuning*. Hal ini mengindikasikan bahwa hasil *cell splitting* berupa *microcell* dengan *physical tuning* dapat mencegah atau meminimalisir interferensi akibat sinyal yang saling tumpang tindih. Parameter *throughput* meningkat signifikan yaitu sebesar 236 %. Bahwa pada skenario perencanaan *cell splitting* dengan *physical tuning* berupa *mechanical tilt* yang tepat dapat mencegah interferensi yang akan berdampak langsung pada parameter RF, khususnya SINR yang kemudian berdampak pada parameter *throughput*.

REFERENSI

[1] C. Cox, *An Introduction to LTE*. 2012.

[2] Sukiswo, "Perencanaan Ulang Site Jaringan GSM 900 dan 1800 di Kota Semarang," *J. Tek. Elektro*, vol. 11, no. 1, pp. 37–46, 2009.

[3] R. S. Fath, Nifty, Eka Purwa Laksana, "Implementasi Bat Algorithm dalam Optimasi Penempatan Femtocell," *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 14, no. 3, hal. 145–220, 2018.

[4] S. Alam, A. Mittal, M. G. Siddiqui, T. Qamar, and ., "Capacity Improvement by Cell Splitting Technique in CDMA System over Telecommunication Network," *Int. Ref. J. Eng. Sci.*, vol. 2, no. 7, pp. 1–8, 2013.

[5] T. Ali Yahiya, *Understanding LTE and its Performance*. New York: Springer, 2011.

[6] MenKominfo, "Kebijakan Penataan Pita Frekuensi Radio 1800 MHz," *MenKominfo*, 2015. [Online]. Available: https://www.kominfo.go.id/content/detail/4455/siaran-persno7pihkominfo22015-tentang-penerbitan-surat-edaran-menteri-perihalkebijakan-penataan-pita-frekuensi-radio-1800-mhz/0/siaran_pers.

[7] D. Y. B. Q, *Small Cells Big Opportunities*. Deepak Rao, 2014.

[8] D. Kuncoro Adri Saputro, "Analisis Perencanaan Jaringan LTE di Pita Frekuensi 3500 MHz dengan Mode TDD dan FDD," *J. Telekomun. dan Komput.*, vol. 7, no. 1, hal. 35–60, 2016.

[9] W. G. U. K. U, *Konsep Teknologi Seluler*. Informatika, 2008.

[10] P. N. K. A. Katiyar, Sumit Prof. R. K. Jain, "An Intelligent Approach for Dense Urban Area in existing 2G / 2.5G," *Int. J. Sci. Eng. Res.*, vol. 5, no. 12, pp. 1–6, 2011.

[11] L. M. Hidayat, Fauzi, Hafidudin, "Analisis Optimasi Akses Radio Frekuensi Pada Jaringan Long Term Evolution (LTE) Di Daerah Bandung," *e-Proceeding Eng.*, vol. 3, no. 2, 2012.

[12] W. C. . Lee, *Wireless & Cellular Telecommunications*, Third Edit. New York: Mc Graw Hill, 2005.

[13] A. G. Ikim.D, P. Ryan, *4G LTE Advanced for Beginner Consultant*. Depok: Prandia Self Publishing, 2017.

[14] R. F. Melvi, Ardian Ulvan, "Analisa Unjuk Kerja Mobile Based Tranceiver Station untuk Kestabilan Infrastruktur Sistem Komunikasi Seluler," *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 11, no. 1, hal. 1–7, 2014.

Penerbit:
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No. 7, Banda Aceh 23111
website: http://jurnal.unsyiah.ac.id/JRE
email: rekayasa.elektrika@unsyiah.net
Telp/Fax: (0651) 7554336

1412 4785