

ANALISIS PERBANDINGAN POWER TRANSMIT PADA JARINGAN 3G TERHADAP KUALITAS EC/NO DAN RECEIVED SIGNAL CODE POWER DALAM HUBUNGAN INTENSITAS TRAFIK

Teguh Handarbeni

Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak
Email: teguhbent@gmail.com

Abstract - In WCDMA cellular systems, the transmit power setting will affect the capacity and coverage of the area. The use of a small transmit power with a large amount of user can cause excess load on the network itself. so it is necessary to increase the transmit of power parameters. This study analyzed the ratio of the transmit power on the quality of E_c / N_0 and RSCP in traffic intensity. results in Jalan Imam Bonjol (site 140 744) pontianak. This study shows that for best results of RSCP plot using 448 dBm power sector with a range of 2 -74 dBm to 0 dBm, the worst results using 430 dBm power sector with a range of -83 dBm 3 to -78 dBm and to plot the results of E_c / N_0 , the best results use a transmit power range of 430 dBm to -4 dBm to 0 dBm, the worst results using 448 dBm transmit power with a range of -9 dBm to -12 dBm. For the calculation of the intensity of traffic, the highest value were obtained with 430 dBm transmit power at sector 3 which is got 1.6 at the result. The lowest traffic intensity obtained from 448 dBm transmit power in sector 2 which is got 0.05. From these results, we can take some good summaries that the transmit power changes have a major impact on the Received Signal Code Power (RSCP) and does not affect the quality of chips per Noise Energy as E_c / N_0 is strongly influenced by the number of users. Related with the traffic intensity, changing the transmit power did not affect voice traffic intensity values significantly, since voice system redirected over 2G networks in principal of the system.

Kata kunci - Power transmit, Recived Signal Code Power (RSCP), Energy Chip per Noise (E_c/N_0), Intensitas Trafik

1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi komunikasi semakin cepat seiring dengan kebutuhan manusia untuk dapat berkomunikasi tanpa batas dengan kecepatan yang tinggi, salah satunya adalah dengan adanya jaringan 3G dengan teknologi Wideband Code Division Multiple Access (WCDMA). Teknologi ini sangat berbeda dengan teknologi GSM. Pada jaringan 3G dibutuhkan kualitas suara yang lebih

baik dan rate yang lebih tinggi (mencapai 2Mbps dengan menggunakan release 99, dan mencapai 10Mbps dengan menggunakan HSDPA) oleh sebab itu bandwidth sebesar 5 MHz dibutuhkan pada sistem WCDMA.

WCDMA menggunakan system DS-CDMA (Direct Sequence CDMA). teknologi ini memungkinkan pengaksesan jamak menggunakan spread spectrum. Dengan teknologi ini, sinyal informasi ditransmisikan melalui bidang frekuensi yang jauh lebih lebar dari bidang frekuensi sinyal informasi, atau dengan kata lain sinyal informasi ditransmisikan dengan melalui proses penebaran sinyal informasi kedalam bidang frekuensi yang lebar. Setiap pengguna mobile phone 3G atau yang di sebut UE (User Equipment) menggunakan spreading code yang sama dengan spreading code pada sisi pengirim dan dilakukan korelasi agar bit-bit informasi dapat diterjemahkan di sisi UE. Semua user di WCDMA dapat dialokasikan pada frekuensi dan timeframe yang sama tetapi hanya dibedakan dengan kode.

Pentransmissionian sinyal dari UE harus dapat dikontrol sehingga Node B menerima sinyal yang berkekuatan sama dari beberapa UE. Power control berguna untuk mengatur transmit power pada terminal UE dan Node B, yang berguna untuk memaksimalkan kapasitas dan meminimumkan power dan juga level interferensi. Tujuannya adalah agar Node B menerima level power yang sama dari semua UE pada coveragenya dimana jarak masing-masing UE tidak seragam. Node B menggunakan fast power control system untuk menaikkan atau menurunkan power transmit dari UE.

Dapat dikatakan bahwa power transmit berpengaruh terhadap kekuatan sinyal atau RSCP (Receive Signal Code Power) dan kualitas sinyal atau E_c/N_0 (Energy chip per Noise) dalam hubungannya dengan intensitas trafik. Karena dalam system 3G setiap user akan berbagi power

dengan user lainnya, semakin banyak user akan semakin banyak power yang digunakan dan menaikkan level interferensi. Sehingga semakin banyak user maka cell akan mengkerut dan menyebabkan berkurangnya coverage (cell breathing). Sebaliknya semakin sedikit user maka coverage akan membesar. Ini lah yang dimaksud adanya hubungan antara coverage dengan capacity yang berbanding terbalik.

2. Metode Penelitian

Bagian ini menguraikan tentang Bahan Pengamatan dan Pengukuran dan lokasi Penelitian, Alat yang dipergunakan, Metode Penelitian dan Data Primer dan Sekunder.

3. Proses Pengambilan Data

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian bertempat di jalan Imam Bonjol yaitu Site 140744 yang berada di atap sebuah gedung (*rooftop*) tepat di depan Jl. Tanjung Harapan seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini:



Sumber: Data Olah

Gambar 3.1. Lokasi Penelitian Site 140744

3.2 Tems Investigation

TEMS Investigation merupakan *software monitoring* kinerja jaringan telekomunikasi yang dikeluarkan oleh perusahaan Ericsson. *Software* TEMS bekerja dengan menghubungkan laptop yang telah terinstal TEMS dengan handphone melalui kabel data. Handphone yang dihubungkan telah dikondisikan untuk dapat terhubung, dimonitoring dan dilakukan *command* dari *software* TEMS. Handphone yang digunakan adalah handphone khusus yang dikeluarkan oleh perusahaan Ericsson. Selain handphone, TEMS juga bekerja dengan beberapa perangkat lain seperti GPS (Untuk menentukan posisi pada map), modem, antena eksternal yang digunakan untuk scanning transmisi sinyal (scanner) dan lain sebagainya.

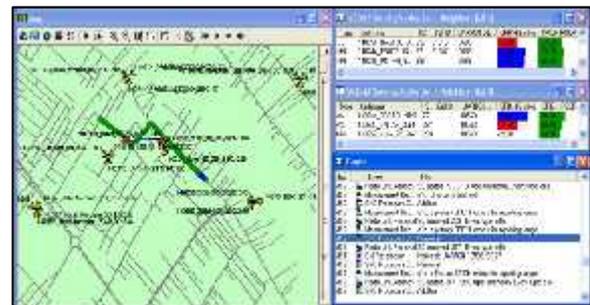
3.3 Drive Test

Drive test adalah istilah yang digunakan untuk pengetesan yang dilakukan dengan *drive* (mengemudi). Namun istilah *drive test* juga sudah umum digunakan untuk pengetesan dengan berjalan kaki (*walk test*) yang umumnya dilakukan pada pengetesan koneksi jaringan pada gedung-gedung bertingkat. *Drive test* adalah hal yang fundamental dalam optimasi jaringan telekomunikasi. Karena dengan *drive test*, seorang *engineer* dapat menentukan keunggulan jaringan yang dibangun serta meningkatkan performa jaringan. Mekanisme *drive test* ditentukan oleh apa yang ingin diamati dari kinerja site tersebut.

3.4 Drive Test Menggunakan Tems Investigation

Sebelum melakukan *drive test* ada baiknya mempersiapkan terlebih dahulu peralatan yang akan digunakan seperti laptop (yang telah terinstal TEMS), handphone, dan GPS USB. Kemudian melakukan persiapan mapping yang meliputi rute dan posisi site yang akan diuji.

Pada pengamatan jaringan 3G khususnya untuk mengamati RSCP dan Ec/No maka parameter yang akan diamati adalah perolehan sinyal yang dapat kita pantau dari blok WCDMA *Serving/Active Set*. Blok map harus ada untuk mengetahui posisi dan pergerakan yang dilakukan kemudian blok *even* untuk mengamati *even list* yang terjadi. Gambar 3.2 memperlihatkan tampilan tems investigation yang telah disetting sesuai parameter yang akan diamati.



Gambar 3.2 Contoh Tampilan Tems Investigation

Setelah *drive test* dilakukan maka langkah selanjutnya adalah reporting, yaitu mengambil data – data yang dibutuhkan untuk menentukan kualitas jaringan yang akan diuji. Reporting untuk menganalisa kualitas jaringan 3G dengan menggunakan plotting.

Data yang di plot untuk diamati meliputi kekuatan sinyal (RSCP) dan kualitas sinyal (Ec/No) untuk melihat *coverage* BTS. Untuk memplot hasil *drive test*, sebelumnya logfile di export ke map info dengan format Map Info Tab-file sesuai parameter yang ingin di plot dengan Tems Investigation.

3.5 Received Signal Code Power (RSCP)

Kuat sinyal atau *Received Signal Code Power* (RSCP) merupakan parameter yang menunjukkan daya terima pengukuran dari UE. Pada Operator 3 terdapat standar kuat sinyal yang mengaju pada *Key Performance Indicator* (KPI) dimana kuat sinyal minimum yang harus diterima oleh UE pelanggan sesuai dengan Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Standar nilai RSCP Operator 3

Coverage plot RSCP level range	
Sangat Baik	-74 RSCP 0
Baik	-78 RSCP -74
Cukup Baik	-83 RSCP -78
Sedang	-86 RSCP -83
Cukup	-90 RSCP -86
Kurang	-95 RSCP -90
Sangat Kurang	-120 RSCP -95

Sumber: PT. China Com Service Indonesia 2013

3.6 Energy Chip per Noise (Ec/No)

Ec/No adalah perbandingan antara *energy* setiap *chip* sinyal informasi terhadap sinyal interferensi atau sinyal derau (*noise*) yang menyertainya. Ec/No menunjukkan kualitas sinyal yang diterima oleh UE, tabel 3.2 menunjukkan standar nilai Ec/No berdasarkan KPI yang dimiliki operator 3.

Tabel 3.2 Standar Nilai Ec/No

Coverage plot Ec/No level range	
Sangat Baik	-4 Ec/No 0
Baik	-9 Ec/No -4
Cukup Baik	-12 Ec/No -9
Sedang	-16 Ec/No -12
Kurang	-20 Ec/No -16
Sangat Kurang	-34 Ec/No -20

Sumber: PT. China Com Service Indonesia 2013

3.7 Intensitas Trafik

Intensitas trafik didefinisikan sebagai jumlah rata-rata panggilan yang sedang berlangsung. Intensitas trafik diberikan oleh persamaan berikut:

$$A = \frac{n.T}{3600} \quad (1)$$

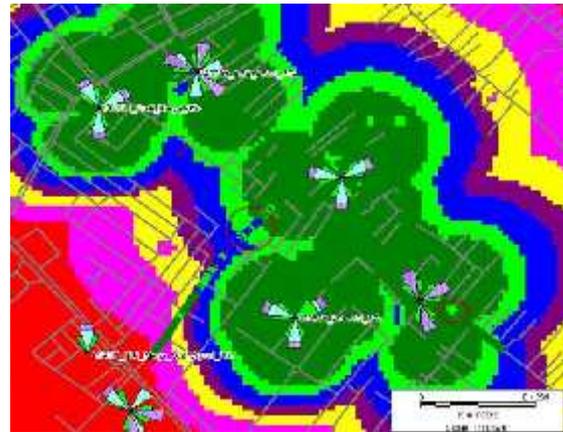
Dimana:

- A = intensitas trafik (Erlang)
- n = Jumlah panggilan per jam sibuk
- T = rata-rata waktu percakapan (detik)

4. Analisis Perbandingan Power Transmit

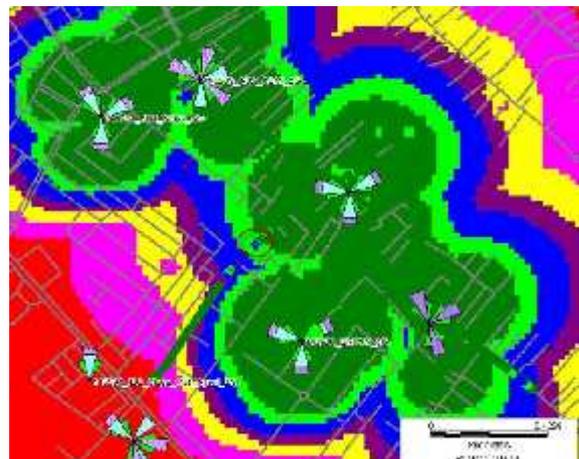
Pada jaringan 3G beberapa komponen penting yang harus diperhatikan adalah RSCP dan Ec/No. RSCP atau *Receive Signal Code Power* dapat digunakan untuk menganalisis *coverage* sedangkan Ec/No atau *Energy Chip per Noise* digunakan untuk analisis *quality*.

Untuk mempermudah menganalisis maka akan ditampilkan *coverage plot* RSCP yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



Sumber: Data Olahan

Gambar 4.1 Coverage Plot RSCP dengan power transmit 430 dBm



Sumber: Data Olahan

Gambar 4.2 Coverage Plot RSCP dengan power transmit 448 dBm

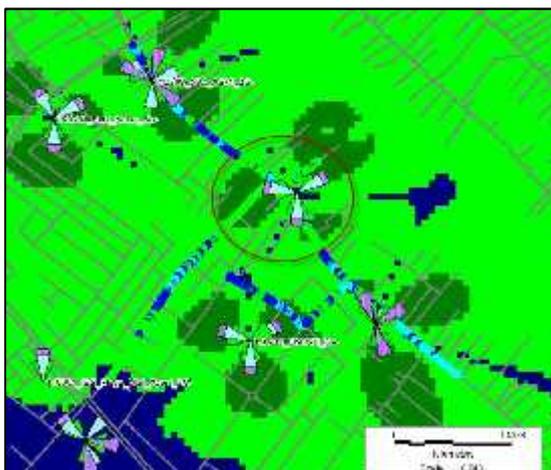
Pada *power transmit* 430 dBm daerah yang di *cover* antenna sektor 1 dan antenna sektor 2 sesuai dengan covplot, hanya antenna sektor 3 kurang sesuai seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.1 (daerah yang diberi lingkaran merah) Seharusnya daerah tersebut memiliki *range* -78 dBm sampai -74 dBm dengan warna hijau muda sedangkan hasil pengukuran didapat -83 dBm sampai -78 dBm dengan warna biru tua. Sedangkan *power transmit* 448 dBm daerah yang di *cover* antenna sektor 1 dan antenna sektor 2 tidak jauh berbeda dengan *power transmit* 430 dBm, telah sesuai dengan covplot.

Perbedaan mencolok terletak pada daerah yang di *cover* antenna sektor 3, hasilnya lebih sesuai dengan covlot dibandingkan dengan yang menggunakan *power* 430 dBm yang ditunjukkan pada gambar 4.2 (daerah yang diberi lingkaran merah). Daerah yang di *cover* antenna sektor 3 memiliki gedung yang lebih tinggi dibandingkan kedua daerah yang di *cover* antenna sektor 1 dan antenna sektor 2, hal tersebut cukup menjelaskan hasil pengukuran RSCP pada antenna sektor 3 kurang baik dibanding daerah lainnya karena semakin banyak bloking maka cakupan sinyal juga tidak akan maksimal

Hasil plot RSCP *power transmit* 448 dBm lebih baik dibandingkan dengan *power transmit* 430 dBm karena secara teoritis dengan parameter *power* yang lebih besar maka jangkauan daya pancar juga lebih kuat sehingga hasil pengukuran pada daerah yang di *cover* antenna sektor 3 mendapatkan cakupan sinyal yang lebih baik dan lebih mendekati dengan *coverage plot*. Namun pada kenyataan di lapangan *tools* yang digunakan pada saat pengukuran juga mempengaruhi hasil pengukuran karena setiap *tools* memiliki level penerimaan sinyal yang berbeda-beda.

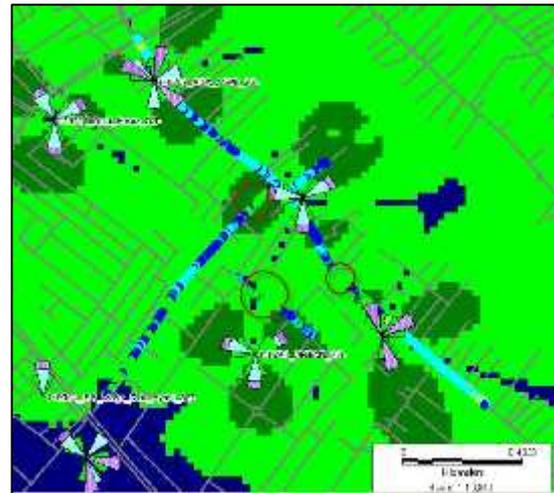
Sebaiknya mengkalibrasi *tools* lebih dahulu sebelum melakukan pengukuran sehingga kita dapat mengetahui *tools* yang memiliki penerimaan sinyal yang baik. *Tools* yang memiliki penerimaan sinyal baik cenderung digunakan saat pengukuran untuk mendapatkan hasil plot RSCP, sedangkan *tools* yang kurang baik biasanya digunakan untuk mengambil data.

Berikut ini akan ditampilkan *coverage plot* Ec/No dari *power transmit* 430 dBm dan *power transmit* 448 dBm guna mempermudah peneliti dalam menganalisis dan membandingkan hasil pengukuran dilapangan:



Sumber: Data Olahan

Gambar 4.3 Coverage Plot Ec/No dengan *power transmit* 430 dBm



Sumber: Data Olahan

Gambar 4.4 Coverage Plot Ec/No dengan *power transmit* 448 dBm

Hasil plot Ec/No jauh berbeda dengan *coverage plot*nya, baik yang menggunakan *power transmit* 430 dBm maupun *power transmit* 448 dBm. Untuk *power transmit* 430 dBm hanya daerah yang diberi lingkaran merah pada gambar 4.3 paling mendekati covlot sedangkan daerah lain tidak sesuai, rata – rata memiliki *range* diantara – 12 dBm sampai – 9 dBm dengan warna biru tua dan – 16 dBm sampai – 12 dBm dengan warna biru muda. Pada *power transmit* 448 dBm hasilnya sangat berbeda hanya sebagian kecil saja yang sesuai dengan *coverage plot* seperti yang di tunjukkan pada gambar 4.4 yang telah diberi lingkaran merah, daerah yang sesuai tersebut memiliki *range* -9 dBm sampai dengan -4 dBm dengan warna hijau muda.

Kualitas Ec/No sangat dipengaruhi oleh jumlah *user*, semakin banyak *user* maka kualitas Ec/No akan semakin buruk dan sebaliknya semakin sedikit *user* maka kualitas Ec/No akan semakin baik, dengan kata lain kualitas Ec/No berbanding lurus dengan kepadatan trafik. Oleh karena itu hasil plot Ec/No dengan *power transmit* 430 dBm lebih baik dibandingkan dengan *power transmit* 448 dBm karena data pengukuran Ec/No dengan *power transmit* 430 dBm diambil pada saat *Site* 140074 on air, yang berarti dengan kondisi *Site* belum terbebani banyak *user* sedangkan pada *power transmit* 448 dBm *Site* telah terbebani banyak *user* sehingga hasil plot Ec/No lebih jelek. Salah satu alasan dinaikkannya parameter transmit adalah kapaistas *user* yang telah penuh.

Berbeda dengan hasil plot RSCP yang tidak dipengaruhi oleh jumlah *user* tetapi dipengaruhi oleh parameter *power transmit* sehingga semakin besar parameter *power transmit* maka daya pancar akan semakin kuat dan hasil plot RSCP akan semakin baik. Pada Operator 3 parameter *power transmit* dapat dinaikkan maksimal sebesar 460 dBm, dalam proses menaikkan parameter secara

bertahap dan dilakukan per sel tergantung dari kepadatan *user*. Yang berarti ketika sektor 1 telah penuh sedangkan sektor 2 dan sektor 3 masih dapat menampung *user* maka hanya sektor 1 saja yang akan di naikkan parameter *power* transmisinya. Pada penelitian yang dilakukan pada *Site* 140744 ketiga sektornya mengalami perubahan parameter *power transmit* dari 430 dBm menjadi 448 dBm karena daerah yang di *cover Site* tersebut merupakan daerah padat penduduk yang dekat dengan Universitas Tanjungpura dan ASMI ABA.

4.1 Analisis Hasil Perhitungan Intensitas Trafik

Tabel 4.1 Hasil Keseluruhan Perhitungan Intensitas Trafik

Intensitas Trafik Dengan Power Transmit 430 dBm				Intensitas Trafik Dengan Power Transmit 448 dBm			
16 /9/13	Sektor 1	Sektor 2	Sektor 3	19/ 9/13	Sektor 1	Sektor 2	Sektor 3
19:00	0,59	0,6	0,4	19:00	0,45	0,51	0,33
20:00	0,4	0,23	0,38	20:00	0,24	0,35	0,35
21:00	0,45	0,16	0,4	21:00	0,36	0,24	0,37
22:00	0,56	0,83	1,37	22:00	0,13	0,12	0,33
17/ 9/13	Sektor 1	Sektor 2	Sektor 3	20 /9/13	Sektor 1	Sektor 2	Sektor 3
19:00	0,99	1,36	0,48	19:00	0,58	0,68	0,62
20:00	0,67	0,43	0,56	20:00	0,19	0,42	0,46
21:00	0,79	0,48	1,6	21:00	0,18	0,24	0,44
22:00	0,2	0,36	0,38	22:00	1,07	0,43	0,13
18/ 9/13	Sektor 1	Sektor 2	Sektor 3	21/ 9/13	Sektor 1	Sektor 2	Sektor 3
19:00	0,43	0,39	0,32	19:00	0,28	0,34	0,33
20:00	0,25	0,23	0,31	20:00	0,24	0,18	0,44
21:00	0,22	0,29	0,42	21:00	0,44	0,05	0,43
22:00	0,06	0,14	0,22	22:00	0,33	0,06	1,15

Dari tabel 4.1 terlihat hasil perhitungan intensitas trafik tertinggi dari *power transmit* 430 dBm adalah sektor 3 pada tanggal 17 september 2013, pukul 21:00 sebesar 1,6 erlang dan intensitas trafik terendah dimiliki sektor 1 pada tanggal 18 september 2013 pukul 22:00 sebesar 0,06 erlang. Sedangkan intensitas trafik tertinggi dari *power transmit* 448 dBm adalah sektor 3 pada tanggal 21 september 2013 pukul 22:00 sebesar 1,15 erlang dan intensitas trafik terendah dimiliki oleh sektor 2 pada tanggal 21 september 2013 sebesar 0,05 erlang.

Intensitas trafik tertinggi baik yang menggunakan *power transmit* 430 dBm maupun 448 dBm terletak pada sektor 3, ini berarti sektor 3 memiliki pengguna yang lebih banyak dibanding sektor lainnya. Hal ini juga terlihat jelas pada gambar 3.5 yang merupakan daerah yang *discover* sektor 3 merupakan daerah yang padat penduduk dan mengarah ke areal kampus ABA ASMI. Intensitas trafik yang tinggi dipengaruhi oleh jumlah panggilan dan *holding time*, namun yang paling berpengaruh adalah *holding time* (rata – rata

waktu panggilan dalam satu jam) karena jika kita sesuaikan dengan persamaan (1) *holding time* merupakan faktor pengali sehingga semakin tinggi nilai *holding time* maka intensitas trafik akan semakin tinggi.

Kenaikkan parameter *power transmit* tidak terlalu mempengaruhi perubahan nilai intensitas trafik *voice* secara signifikan, pada jaringan 3G, *voice* tidak terlalu berpengaruh terhadap kapasitas jaringan Operator 3 karena pada prinsip kerjanya *voice* lebih di lirikan ke jaringan 2G, sehingga ketika melakukan panggilan dengan otomatis *user* langsung di alihkan ke jaringan 2G, oleh sebab itu intensitas trafik *voice* pada jaringan 3G tidak terlalu tinggi. Yang sangat berpengaruh besar terhadap kapasitas jaringan 3G adalah data. Penggunaan data juga menjadi tolak ukur terhadap kenaikan kapasitas pada jaringan 3G karena penggunaan data lebih memakan kapasitas dibandingkan *voice*. Namun bukan berarti *voice* tidak diperhatikan dalam jaringan 3G, pihak Operator juga tetap menjaga kualitas *voice* pada jaringan 3G karena kebanyakan *user* juga melakukan lock 3G pada handsetnya.

Peneliti tidak membahas *video call* dalam penelitian karena telah banyaknya media sosial yang memberikan fitur layanan *video call* gratis seperti Line, Wechat, Kakao talk dan sebagainya sehingga sangat jarang sekali *user* yang menggunakan *video call* dari layanan Operator karena tarifnya yang lumayan mahal.

4.2 Analisis Hasil Perbandingan Power Transmit Terhadap Kualitas Ec/No dan RSCP Dalam Hubungan Intensitas Trafik

Berdasarkan pada gambar 4.5, gambar 4.6, gambar 4.7, gambar 4.8, dan tabel 4.6 perubahan *power transmit* mempengaruhi kuat sinyal (RSCP) namun tidak mempengaruhi kualitas sinyal Ec/No karena kualitas sinyal dipengaruhi oleh jumlah *user*. Dalam hubungannya dengan intensitas trafik, perubahan *power transmit* tidak mempengaruhi nilai intensitas trafik secara signifikan karena *voice* lebih dialihkan ke jaringan 2G dalam prinsip kerjanya, namun semakin buruk kualitas Ec/No maka intensitas trafik semakin tinggi dan juga sebaliknya semakin baik kualitas Ec/No maka intensitas trafik akan semakin kecil sedangkan RSCP yang merupakan kuat sinyal mempengaruhi jangkauan sinyal bagi kenyamanan *user* dalam melakukan panggilan.

5. Kesimpulan

Dari hasil pembahasan dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan hal – hal sebagai berikut:

1. Dari hasil *drive test* untuk perubahan *power transmit*, hasil plot RSCP terbaik menggunakan *power* 448 dBm pada sektor 2 dengan *range* -74 dBm sampai 0 dBm, hasil

- terburuk menggunakan *power* 430 dBm pada sektor 3 dengan range -83 dBm sampai -78 dBm
2. Untuk hasil plot Ec/No tidak sesuai dengan covlotnya, hasil terbaik menggunakan *power transmit* 430 dBm dengan range -4 dBm sampai 0 dBm, hasil terburuk menggunakan *power transmit* 448 dBm dengan range -9 dBm sampai -12 dBm.
 3. Untuk perhitungan intensitas trafik nilai tertinggi didapat dari *power transmit* 430 dBm pada sektor 3 sebesar 1,37 erlang, intensitas trafik terendah didapat dari *power transmit* 448 dBm pada sektor 2 sebesar 0,05 erlang. Intensitas trafik yang tinggi dipengaruhi oleh jumlah *call attempt* dan *holding time*.
 4. Berdasarkan dari analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan perubahan *power transmit* hanya berdampak besar terhadap kekuatan sinyal (*RSCP*). Perubahan *power transmit* tidak mempengaruhi kualitas Ec/No karena Ec/No sangat dipengaruhi oleh jumlah *user*, dalam hubungannya dengan intensitas trafik, perubahan *power transmit* tidak terlalu mempengaruhi perubahan nilai intensitas trafik *voice* secara signifikan, karena *voice* lebih dialihkan ke jaringan 2G dalam prinsip kerjanya, namun semakin buruk kualitas Ec/No maka intensitas trafik semakin tinggi dan juga sebaliknya semakin baik kualitas Ec/No maka intensitas trafik akan semakin kecil sedangkan *RSCP* yang merupakan kuat sinyal mempengaruhi jangkauan sinyal bagi kenyamanan user dalam melakukan panggilan.

Referensi

1. Fitri Imanyah. 2011. Bahan Materi Kuliah Teknologi GSM. Sistem Komunikasi Bergerak Seluler. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura. Pontianak.
2. Fraidoon Mazda Mphil DFH Ceng FIEE. 1993. Telecommunication Networks. Bristish Library Cataloguing in Publication Data. England
3. Gatot Santoso. 2006. Sistem Selular WCDMA. Graha Ilmu. Yogyakarta.
4. John Bellamy. 1990. Digital Telephony 2nd. A Wiley - Interscience Publication. Texas, USA
5. James Martin. 1990. Telecommunication and The Computer. Prentice Hall. USA
6. Lingga Wardhana. 2011. 2G/3G RF Planning and Optimization for Consultant. Nulisbuku.com. Jakarta
7. Robert L. Shrader. 1989. Komunikasi Elektronika Jilid 1. PT. Erlangga. Jakarta

8. Suhana Shigeki Shoji. 1981. Buku Pegangan Teknik Telekomunikasi. PT. PRADNYA PARAMITA. Jakarta
9. Sydney F. Smith. 1978. Telephony and Telegraphy 3rd. OXFORD UNIVERSITY PRESS. USA
10. William S. Davis. 1991. Sistem Pengolahan Informasi. PT. Erlangga. Jakarta

<http://mobileindonesia.files.wordpress.com/2011/01/arsitektur-jaringan-umts.pdf> diakses pada tanggal 2 Juni 2013 jam 21.35WIB

Biografi

Teguh Handarbeni , lahir di Nanga Pinoh, Kalimantan Barat, tanggal 20 September 1989. Menempuh Pendidikan Sarjana Teknik di Universitas Tanjung Pura sejak tahun 2010 Jurusan Teknik Elektor Program Studi Teknik Elektro

