

ANALISIS JARINGAN UMTS PADA MENARA ROOFTOP DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE TEMS INVESTIGATION DAN G-NETTRACK PRO

Pande Putu Wahyu Pramanda¹, Pande Ketut Sudiarta², Ngurah Indra ER.²

¹ Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Udayana

² Staff Pengajar Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Udayana

Email: wahyupramanda.wp@gmail.com¹, sudiarta@unud.ac.id², indra@unud.ac.id³

ABSTRAK

Berkembangnya dunia teknologi telekomunikasi dan informasi sejalan dengan kebutuhan akan kecepatan dan kestabilan akses internet teknologi UMTS. Metode drive test adalah metode yang biasanya digunakan untuk pengukuran kualitas sebuah site. Pihak provider umumnya menggunakan software TEMS Investigation dalam melakukan drive test. Melakukan drive test dengan TEMS Investigation sangatlah tidak praktis dan memerlukan biaya yang besar. Berkembangnya teknologi smartphone membuat drive test dapat dilakukan dengan menggunakan handphone yaitu dengan G-NetTrack Pro. Namun G-NetTrack Pro tidak memiliki kemampuan yang sama dengan TEMS Investigation. Software G-NetTrack Pro dapat digunakan sebagai bahan pembelajaran yaitu untuk pengenalan drivetest namun belum cocok digunakan secara profesional. G-NetTrack Pro dapat menampilkan data yang dibutuhkan dalam drive test namun tidak sedetail TEMS Investigation, sehingga dalam proses pembelajaran dapat digunakan untuk pengenalan karena efisien dan dapat di install pada handphone mahasiswa namun tidak dapat digunakan melakukan drive test misalnya dalam dunia kerja atau secara profesional.

Kata Kunci : UMTS, drive test, TEMS Investigation, G-NetTrack Pro

ABSTRACT

The world of technologies telecommunications and information are growing in line with the need for speed and stability of the Internet access. Drive test method is a method that is usually used to measure the quality of a site. The Providers party is generally uses TEMS Investigation software to conduct a test drive. Drive test using TEMS Investigation si not efficient and more expensive. The development of smartphone technology make a Drive test method can be use smartphone with G-NetTrack Pro. that G-NetTrack Pro can display data required in the test drive but not as detailed as TEMS Investigation. G-NetTrack Pro can be used for recognition as efficient and can be installed on mobile students yet unusable to perform drive tests in the workplace or in a professional area. -NetTrack Pro can display data required in the test drive but not as detailed as TEMS Investigation, so that the learning process can be used for recognition as efficient and can be installed on mobile students yet unusable to perform drive tests in the workplace or in a professional area.

Keywords: UMTS, drive test, TEMS Investigation, G-NetTrack Pro, RSCP, Ec / no, Outdoor NLOS Model 3GPP site

1. PENDAHULUAN

Sistem UMTS yang memiliki beberapa keunggulan yaitu kapasitas serta kecepatan data yang lebih tinggi [1]. Peningkatan jaringan informasi dan komunikasi yang dapat melayani seluruh kebutuhan pelanggan baik jumlah maupun kualitas akan jaringan UMTS sangat diperlukan. Untuk itu di butuhkan sebuah pemantauan kualitas layanan dari setiap site.

Metode drive test adalah metode yang biasanya digunakan untuk pengukuran kualitas sebuah site. Kemajuan dalam teknologi smartphone membuat pengukuran data drive test menjadi lebih efisien. Pada penelitian sebelumnya yaitu Analisis Coverage Sistem High Speed Downlink Packet Access Untuk Kawasan Denpasar Timur mempunyai hasil yaitu perhitungan Receive Signal Code Power antara hasil perhitungan

secara manual menggunakan model propagasi Cost 231-Hatta dengan metode pengukuran langsung menggunakan metode *Drive test* dengan TEMS *Investigation* menghasilkan nilai RSCP yang tidak terlalu berbeda, dengan kategori daerah yang berbeda (urban dan sub urban) sesuai dengan kondisi masing-masing BTS[2]. Pengukuran yang dulunya menggunakan media laptop kini beralih menggunakan smartphone yang berbasis sistem Ponsel android ini terbukti dengan adanya aplikasi *G-Net Track Pro* yang dapat melakukan pengambilan data *drive test* sama halnya dengan TEMS *Investigation* 8.0.3. Namun permasalahan yang akan muncul yaitu apakah penggunaan *G-Net Track Pro* sama akuratnya dengan menggunakan TEMS *Investigation* baik dari keakuratan data serta parameter-parameter yang dapat di ukur.

Berdasarkan permasalahan di atas penulis mengangkat bagaimana pengukuran dan penurunan kualitas level sinyal dan kualitas internet sistem UMTS menggunakan metode *drive test* dengan membandingkan pengukuran di lapangan dan hasil perhitungan menggunakan model propagasi *outdoor model NLOS 3GPP* pada area Denpasar Timur yaitu dilakukan terhadap 3 buah site yang memiliki ketinggian menara dan frekuensi yang sama. *Software* yang akan digunakan saat melakukan *drive test* adalah TEMS *Investigation* dan *G-Net Track Pro*. Hal tersebut mengacu pada penelitian yang sudah pernah dilakukan sebelumnya yaitu membandingkan hasil perhitungan secara teoritis terhadap beberapa parameter yaitu *Receive Signal Code Power (RSCP)*, *Pathloss*, dan menentukan nilai EIRP yang akan dibandingkan dengan hasil pengukuran di lapangan yang juga dilakukan pada kawasan Denpasar Timur. Untuk kualitas sinyal Ec/No akan dicari hubungannya dengan RSCP.

2. KAJIAN PUSTAKA

Teori-teori penunjang yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

2.1. UMTS (*Universal Mobile Telephone Standard*)

Teknologi UMTS adalah teknologi radio yang digunakan pada system 3G. Teknologi UMTS sangat berbeda dengan teknologi jaringan radio GSM. Jaringan 3G membutuhkan kualitas suara yang lebih baik, dan rate yang semakin tinggi yaitu mencapai 2Mbps dengan menggunakan release99, dan mencapai 10Mbps dengan menggunakan HSDPA. Oleh sebab itu system UMTS membutuhkan

bandwidth sebesar 5 MHz. Possibilitas setiap user untuk mendapatkan bandwidth yang bervariasi sesuai permintaan layanan user adalah salah satu fitur keunggulan jaringan UMTS. Teknik diversitas digunakan untuk meningkatkan kapasitas user downlink, dan arena hanya satu frekuensi yang digunakan, aktivitas *Frequency planning* yang rumit pada jaringan Gsm tidak perlu dilakukan. Paket data scheduling bergantung pada kapasitas jaringan, sehingga lebih efisien dibandingkan jaringan GSM yang bergantung pada kapasitas timeslot[1].

2.2. Propagasi

Propagasi adalah proses perambatan gelombang elektromagnetik dari suatu tempat ke tempat lain. Model propagasi umumnya menjelaskan perkiraan rata-rata kuat sinyal yang diterima penerima pada jarak tertentu dari pemancar. Setiap proses propagasi akan menimbulkan rugi-rugi propagasi [3]. Metode *Outdoor Path Loss Model NLOS 3GPP* dipilih karena metode ini sesuai dengan spesifikasi teknologi jaringan UMTS yang di tempatkan pada menara *rooftop* yang dan tepat guna untuk mengestimasi rugi-rugi propagasi di daerah perkotaan (urban).

2.2.1. Outdoor Model NLOS 3GPP

Model ini dikembangkan oleh 3GPP menggunakan berbagai macam hasil pengukuran dan literatur. Model ini dapat diaplikasikan pada rentang frekuensi 2 - 6 GHz dan berbagai tinggi antena pada daerah *urban* [4]. Model ini dirumuskan dengan persamaan berikut:

$$P_L = 161,04 - 7,1 * \log_{10}(W) + 7,5 * \log_{10}(h) - \left(24,37 - 3,7 * \left(\frac{h}{h_{BS}}\right)^2\right) * \log_{10}(h_{BS}) + \left(43,42 - 3,1 * \log_{10}(h_{BS})\right) (\log_{10}(d) - 3) + 20 * \log_{10}(f_c) - (3,2 * (\log_{10}(11,75 * h_{UT}))^2 - 4,97) \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

- P_L adalah total path loss (dB)
- D adalah jarak (10-5000m)
- W adalah lebar jalan (5-50m)
- H adalah tinggi bangunan (5-50m)
- h_{BS} adalah tinggi *Base Station* (10-150m)
- h_{UT} adalah tinggi User Terminal (1-10m)
- f_c adalah Frekuensi (2-6GHz)
- Standard Deviation = 8

2.3. Parameter Level Daya Sinyal UMTS

Parameter level daya sinyal terdiri dari beberapa parameter yaitu sebagai berikut.

2.3.1. Effective Isotropic Radiated Power (EIRP)

EIRP adalah total energi yang di keluarkan oleh sebuah access point dan antena. Saat sebuah Access Point mengirim energinya ke antena untuk dipancarkan, sebuah kabel mungkin ada diantaranya. Beberapa pengurangan besar energi tersebut akan terjadi di dalam kabel. Untuk mengimbangi hal tersebut, sebuah antena menambahkan power / Gain, dengan demikian power bertambah. Jumlah penambahan power tersebut tergantung tipe antena yang digunakan. Untuk memperkirakan area layanan sebuah alat wireless.

Nilai EIRP dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$EIRP = Txpower (dBm) + Antena Gain (dBi) - cable los (dB).....(2)$$

2.3.2. Received Signal Code Power (RSCP)

Reception Level (RxL) adalah tingkat kekuatan sinyal di jaringan 2G yang diterima ponsel, sedangkan untuk 3G(UMTS) menggunakan istilah Received Signal Code Power (RSCP) [3]. Perhitungan RSCP dapat dilakukan sesuai dengan persamaan berikut :

$$RSCP (dBm) = EIRP - wall loss -body los path loss - X (handover + gading margin).....(3)$$

Tabel 1. Standar Nilai RSCP [5]

Best RSCP Outdoor UMTS	
Catagory	RSCP(dBm)
Sangat Kurang	-130<=x<-140 dBm
Kurang	-104<=x<-92 dBm
Cukup Baik	-92<=x<-88 dBm
Baik	-88<=x<-82 dBm
Sangat Baik	-82<=x<-0 dBm

2.4. Parameter Kualitas Sinyal

Parameter kualitas sinyal terdiri dari beberapa parameter yaitu sebagai berikut.

2.4.1. Energy chip per Noise (Ec/No)

Merupakan perbandingan dalam dB dari Energi chip dengan daya noise total yang diukur pada pilot channel yang utama. Sebenarnya

Ec/No sama dengan Ec/Io, hanya saja 3GPP tidak mau menggunakan istilah sama dengan IS-95. Ec/No mengindikasikan kualitas jaringan, yang apabila nilainya semakin kecil berarti tingkat interferensinya tinggi.

2.4.2. Received Strength Signal Indicator (RSSI)

RSSI merupakan parameter yang menunjukkan daya terima dari seluruh sinyal pada band Frequency channel pilot yang diukur. Dalam artian semua daya sinyal yang terukur oleh penerima pada satu band frequency WCDMA digabungkan menggunakan proses rake receiver. Parameter ini diukur pada arah downlink dengan acuan pengukuran pada konektor antena pada penerima (MS). Dalam proses CDMA Ikelaskan bahwa pengguna lain pada jaringan yang sama merupakan interferensi, atau disebut dengan istilah self interference dimana hal itu dapat memperkuat daya terima, begitu juga dengan sinyal dari sector lain yang notabene satu band frequency dengan yang melayani MS pada saat itu [6]. Dimana perbandingan antara RSCP dengan RSSI identik dengan Ec/No (RSCP/RSSI ≡ Ec/No).

2.5. Drive Test

Drive test adalah metode pengukuran pada sistem komunikasi bergerak yang bertujuan untuk mengumpulkan data hasil pengukuran kualitas sinyal suatu jaringan dari arah Node B ke UE secara real di lapangan, sehingga dapat diketahui bagaimana performansi dari jaringan tersebut [7].

2.5.1. TEMS Investigation

TEMS adalah kependakan dari Test Mobile System yang merupakan perangkat lunak untuk men-setting dan maintenance jaringan seluler. Perangkat ini merupakan keluaran Ericson untuk drive test. Pada dasarnya terdiri dari ponsel TEMS mobile phone yang dikendalikan oleh perangkat lunak pada komputer. Di dalam logfile terdapat 2 file yaitu:

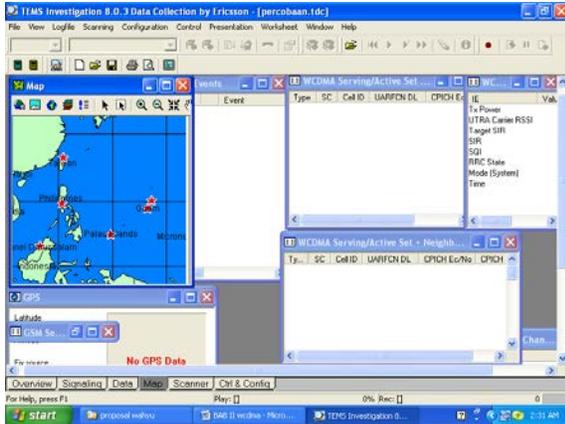
a. Statistic File

Dari hasil drive test, logfile akan di convert oleh file dan information conveting System (FICIS) ke statistic file, yang diantaranya terdapat parameter untuk handover, signal streght, dan quality distribution.

b. Geographical Information Mobile Surveys (GIMS)

GIMS merupakan file yang digunakan untuk memaparkan graphical dari drive test

Berikut merupakan tampilan TEMS Investigation seperti yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tampilan TEMS Investigation 8.0.3

2.5.2. G-NetTrack Pro

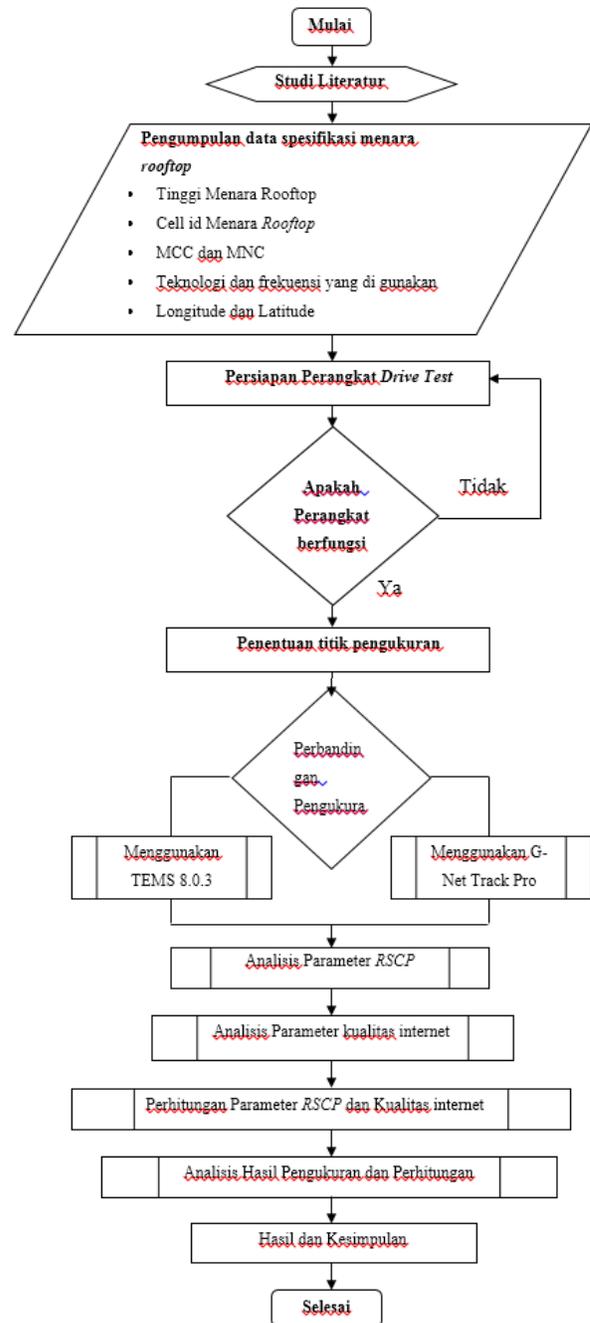
G-NetTrack Pro adalah aplikasi untuk memonitor jaringan dan walk test pada perangkat yang beroperasi OS Android. G-NetTrack Pro adalah aplikasi untuk memonitor jaringan UMTS / GSM / LTE / CDMA / EVDO. Aplikasi ini memonitor servis dari CELLID, LEVEL, QUAL, MCC, MNC, LAC, waktu cell servis cell yang berdekatan dan levelnya. Selain itu aplikasi ini juga dapat digunakan untuk Menegtahui kualitas layanan suara dengan voice squence, layanan data dengan data squence dan data test, serta layanan sms dengan sms squence [8].



Gambar 2. Tampilan G-NetTrack Pro

3. METODOLOGI PENELITIAN

Alur penelitian secara umum dilihat pada Gambar 3.

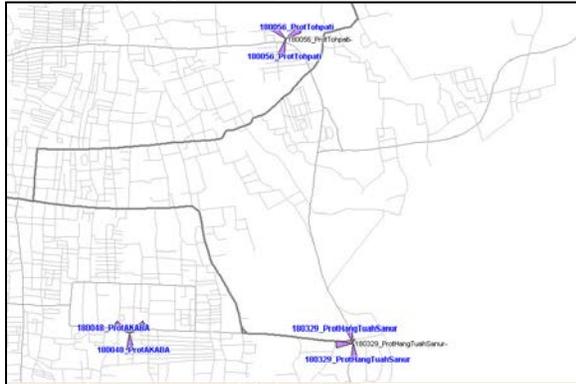


Gambar 3. Alur Penelitian

Secara umum penelitian ini dimulai dengan melakukan studi literatur dengan menggunakan berbagai sumber mulai dari buku, jurnal, maupun sumber yang diperoleh dari internet. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data persiapan pengukuran misalnya mencari

spesifikasi antena. Untuk melakukan pengukuran Sealumnya dilakukan persiapan alat ukur yang Dianjutkan dengan menganalisis parameter-parameter yang digunakan dalam penelitian.

Berikut merupakan gambar lokasi penelitian yang terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Lokasi Menara Rooftop

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan pada penelitian ini dijelaskan sebagai berikut.

4.1. Perbandingan Nilai RSCP Pengukuran dengan Nilai RSCP Perhitungan

Tabel 1 merupakan perbandingan parameter RSCP hasil pengukuran dengan hasil perhitungan pada site ProtAkaba sektor 1.

Tabel 1. Perbandingan Nilai RSL Pengukuran dengan Nilai RSCP Perhitungan site ProtAkaba

Jarak	RSCP Pengukuran(dBm)				RSCP Perhitungan(dBm)	
	Cell Id TEMS	Tems	Cell Id G-Net	G-NetTrack	3GPP	
100	56811	-65	55941	-67	-68.54	
200	56811	-74	56811	-75	-80.92	
300	56811	-77	56811	-79	-88.16	
400	56811	-81	56811	-85	-93.30	
500	56811	-84	56811	-85	-97.29	

Berdasarkan Tabel 1 terlihat perbandingan hasil pengukuran TEMS Investigation dan G-NetTrack Pro dengan hasil perhitungan berdasarkan propagasi Nlos 3GPP. jarak 100 , 200, dan 300 meter nilai RSCP hasil pengukuran baik TEMS Investigation dan G-NetTrack Pro mengalami penurunan yang teratur. Namun pada jarak 200 meter terlihat kenaikan nilai RSCP pada hasil pengukuran G-NetTrack Pro dibandingkan pada jarak 100 meter. Hal itu terjadi dikarenakan adanya penghalang misalnya pepohonan dan gedung-gedung yang menyebabkan penurunan level sinyal pada jarak tersebut. Pada jarak 400 me-

ter dan 500 meter nilai RSCP hasil pengukuran G-NetTrack Pro mengalami perubahan Cell ID sehingga tidak ditampilkan pada grafik. Hal ini disebabkan kekurangan dari G-NetTrack Pro yang tidak dapat melakukan lock pada Cell ID dari pernyataan Gyokov Solutions.

Tabel 2 merupakan perbandingan parameter RSCP hasil pengukuran dengan hasil perhitungan pada site ProtTohpati sektor 1

Tabel 2. Perbandingan Nilai RSL Pengukuran dengan Nilai RSCP Perhitungan site ProtTohpati

Jarak	RSCP Pengukuran(dBm)				RSCP Perhitungan(dBm)
	Cell Id TEMS	Tems	Cell Id G-Net	Cell Id TEMS	3GPP
100	55963	-50	55966	-59	-63.79
200	55963	-58	55963	-67	-76.13
300	55963	-76	55963	-73	-83.35
400	55963	-77	55966	-87	-88.47
500	55963	-81	55376	-83	-92.45

Pada Tabel 2 terlihat jarak 100 meter, 400 meter dan, 500 meter nilai RSCP hasil pengukuran G-NetTrack Pro mengalami perubahan Cell ID sehingga tidak ditampilkan pada grafik. Hal ini disebabkan kekurangan dari G-NetTrack Pro yang tidak dapat melakukan lock pada Cell ID dari pernyataan Gyokov Solutions.

Tabel 3 merupakan perbandingan parameter RSCP hasil pengukuran dengan hasil perhitungan pada site ProtHangTuah sektor 1.

Tabel 3. Perbandingan Nilai RSCP Pengukuran dengan Nila RSCP Perhitungan site ProtHangTuah

Jarak	RSCP Pengukuran(dBm)				RSCP Perhitungan(dBm)
	Cell Id TEMS	Tems	Cell Id G-Net	G-NetTrack	3GPP
100	56811	-65	55941	-67	-57.23
200	56811	-74	56811	-75	-69.51
300	56811	-77	56811	-79	-75.70
400	56811	-81	56811	-85	-81.79
500	56811	-84	56811	-85	-85.75

Pada jarak 100 meter nilai RSCP hasil pengukuran G-NetTrack Pro mengalami perubahan Cell ID sehingga tidak ditampilkan pada grafik. Hal ini disebabkan kekurangan dari G-NetTrack Pro yang tidak dapat melakukan lock pada Cell ID dari pernyataan Gyokov Solutions. Penurunan level sinyal antara pengukuran dan perhitungan memiliki trend yang sama meskipun memiliki perbedaan nilai. Pada jarak 500 meter tampak hasil perhitungan memiliki nilai yang lebih rendah dari pengukuran. Faktor-faktor dari alam dan keadaan sekitar yang telah berubah

tersebutlah yang menyebabkan hasil ukur lebih baik daripada perencanaan *site* .

4.2. Hubungan Nilai RSCP Pengukuran dengan Nilai Ec/No Pengukuran

Tabel 4 merupakan hubungan hasil pengukuran RSCP dengan hasil pengukuran Ec/No pada site ProHangTuah sektor 1 menggunakan *TEMS Investigation*.

Tabel 4. Hubungan hasil pengukuran RSCP dengan hasil pengukuran Ec/No pada site ProHangTuah sektor1 menggunakan *TEMS Investigation*.

Jarak	Cell Id	Ec/no Pengukuran	RSCP Pengukuran (dBm)
100	56813	-7	-72
200	56813	-7	-75
300	56813	-9	-78
400	56813	-14	-85
500	56813	-19	-91

Menurut teori yang ada yaitu perhitungan hubungan RSCP dan RSSI maka semakin bagus nilai RSCP nilai Ec/no yang di dapat pun memiliki nilai yang bagus. Pada Tabel di atas terlihat hubungan penurunan level sinyal dengan penurunan kualitas sinyal berlangsung sesuai dengan teori yang ada, misalnya pada jarak 100 meter nilai RSCP menunjukkan nilai -72 dBm sementara nilai Ec/no menunjukkan nilai -7dB yang terus mengalami penurunan sampai jarak 500 meter nilai RSCP menunjukkan nilai -91dB dan nilai Ec/no menunjukkan nilai -19dB.

Tabel 5 merupakan hubungan hasil pengukuran RSCP dengan hasil pengukuran Ec/No pada site ProHangTuah sektor 1 menggunakan G-NetTrack Pro.

Tabel 5. Hubungan hasil pengukuran RSCP dengan hasil pengukuran Ec/No pada site ProHangTuah sektor 1 menggunakan G-NetTrack Pro.

c	Cell Id TEMS	Cell id G-Net	Ec/no Pengukuran	RSCP Pengukuran (dBm)
100	56811	56814	-10	-69
200	56811	56814	-10	-69
300	56811	56814	-10	-69
400	56811	56814	-8	-75
500	56811	55941	-10	-80

Penurunan nilai RSCP terjadi pada jarak 400 meter tersebut yaitu -75 dari yang sebelumnya memiliki nilai tetap dari jarak 100 meter

sampai 300 meter yaitu -69 dBm dengan nilai Ec/no tetap yaitu -10dB, namun pada jarak 400 meter tersebut malah terjadi kenaikan nilai Ec/no yaitu -8dB. Hal tersebut disebabkan beberapa factor diantaranya user-user lain yang bisa saja menjadi pengganggu di sekitar area pengukuran dan sudut antena tiap sektor yang dimana dalam menggunakan frekuensi yang sama sehingga memungkinkan menjadi pengganggu serta terdapatnya gedung-gedung tinggi yang menjadi penghalang.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Penurunan level sinyal pada kedua *software* susah untuk dibandingkan karena pada *G-NetTrack Pro* kebanyakan memiliki *Cell ID* yang sama dengan *TEMS Investigation* pada tiap titik pengukuran. Hal tersebut disebabkan kelemahan yang dimiliki oleh *software G-Net Track Pro* yaitu tidak memiliki fitur penguncian *Cell ID* seperti halnya pada *TEMS Investigation*. *TEMS Investigations* mampu menampilkan parameter yang dibutuhkan yaitu RSCP dan Ec/No dan pada *software G-NetTrack Pro* dapat menampilkan parameter RSCP akan tetapi untuk parameter Ec/No hanya dapat ditampilkan oleh perangkat yang sudah direkomendasikan oleh "Gyokov Solutions"
2. Perbandingan hasil pengukuran kedua *software* dengan model propagasi *Outdoor NLOS 3GPP* memiliki trend penurunan level sinyal yang sama. Namun terdapat perbedaan nilai yaitu kebanyakan hasil pengukuran pada tiap titik memiliki hasil yang lebih baik daripada hasil perhitungan. Hal tersebut disebabkan karena keadaan daerah pengukuran yang telah berbeda dari saat perencanaan. Faktor-faktor dari alam juga sangat mempengaruhi perbedaan tersebut. Hasil pengukuran RSCP *G-NetTrack Pro* yang bisa dibandingkan dengan hasil pengukuran *TEMS Investigation* dan hasil perhitungan dapat disimpulkan hanya sebagian besar titik pengukuran *software G-NetTrack Pro* yang mampu menampilkan nilai RSCP dan Ec/No yang mendekati sama dengan *TEMS Investigation*.

3. Hasil pengukuran RSCP dan Ec/no tidak memiliki *trend* penurunan yang sama. Dimana jika hasil level sinyal yang di dapat pada suatu titik bagus belum tetntu meiliki kualitas sinyal yang sama bagusnya. Penyebab terjadinya hal tersebut adalah banyaknya user yang menjadi penginterferensi di sekitar lokasi pengukuran dimana diketahui pada UMTS semua user menduduki satu frekuensi yang sama.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. Wardhana and dkk, *4G Handbook Edisi Bahasa Indonesia*. Nulis Buku, 2014.
- [2] D. Setyarini, "Analisis Coverage Sistem High Speed Downlink Packet Access Untuk Kawasan Denpasar Timur," 2013.
- [3] P. K. Sudiarta, *Diktat Mata Kuliah Sistem Komunikasi Bergerak dan Satelit Tke 5202: Bab VII: Link Budget*. Teknik Elektro Universitas Udayana.
- [4] R. Huang, "Proposal for the channel model in EMD." 2011.
- [5] Nokiasiemensnetwork, "WCDMA/HSPA." 2014.
- [6] L. Detto, "RSSI(Recieved Signal Streght Indicator)." 2013.
- [7] W. Lingga, *Planning and Optimization for Consultant*. Jakarta: Nulis Buku, 2014.
- [8] G. solutions, "G-NetTrack Pro Manual." 2014.