

IMPLEMENTASI METODE DRIVETEST DAN DOWNTILT MENGUNAKAN TEMS INVESTIGATION UNTUK MENGURANGI DAMPAK INTERFERENSI

Rizky Arrosyad¹

Program Studi Teknik Informatika – S1, Fakultas Ilmu Komputer,

Universitas Dian Nuswantoro Semarang

Jln. Nakula 1 No 5-11 Semarang 50131 INDONESIA

111201105902@mhs.dinus.ac.id

Abstrak

Teknologi generasi ketiga atau 3G didukung oleh teknologi *Universal Mobile Telecommunication System* (UMTS) dengan teknologi akses *Wideband Code Division Multiple Access* (WCDMA). Kualitas layanan sudah seharusnya sesuai, namun terdapat kasus di kota-kota besar yang disebut *pilot pollution*. Dalam sistem komunikasi bergerak, suatu layanan dikatakan baik bila pelanggan dapat memanfaatkan jasa yang disediakan semaksimal mungkin dengan gangguan/kesalahan seminimal mungkin. Gangguan yang sering terjadi biasanya berupa penurunan kualitas pembicaraan, kegagalan proses *handoff* dan sebagainya. Pada jaringan WCDMA, bentuk gangguan yang umum adalah *pilot pollution*. *Pilot pollution* merupakan kondisi dimana adanya 3 atau lebih sinyal dengan daya yang hampir sama pada suatu area atau dengan kata lain *pilot pollution* merupakan kondisi ketika terlalu banyak *base station* dipancarkan ke area tertentu. Adapun parameter yang didapat dari hasil *drive test* yang kemudian akan digunakan dalam mengukur kualitas sinyal jaringan WCDMA antara lain, CPICH Ec/No, CPICH RSCP. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daerah yang terkena dampak *pilot pollution* harus diberikan solusi yang tepat, dan solusi yang tepat itu adalah menggunakan cara *downtilt antena*. *Downtilt antena* dilakukan pada BTS yang jaraknya lebih jauh dibandingkan BTS lain terhadap daerah yang terkena dampak *pilot pollution*.

Kata Kunci : *Pilot Pollution, Downtilt, CPICH Ec/No, CPICH RSCP.*

Abstract

The third generation or 3G technology supported by technology *Universal Mobile Telecommunication System* (UMTS) access technologies *Wideband Code Division Multiple Access* (WCDMA). Quality of service is supposed to fit, but there are cases in big cities called *pilot pollution*. In the mobile communication system, a service said to be good if the customers can take advantage of the services provided is as comfortable as possible with interference / errors to a minimum. Disruption that often occurs usually in the form of a decrease in the quality of the talks, the failure of the *handoff* process, and so on. In the WCDMA network, a common form of the disorder is the *pilot pollution*. *Pilot pollution* is a condition in which the presence of 3 or more signals with almost the same power in an area or in other words the *pilot pollution* is a condition when too much base station is transmitted to a particular area. The parameters obtained from the test drive will then be used to measure signal quality WCDMA network, among others, CPICH Ec / No, CPICH RSCP. The results showed that the area affected by *pilot pollution* should be given the right solution, and the right solution is to use an antenna *downtilt* way. BTS antenna *Downtilt* done at a distance farther than the other base stations of the area affected by *pilot pollution*.

Keywords : *Pilot Pollution, Downtilt, CPICH Ec/No, CPICH RSCP.*

I. PENDAHULUAN

Sistem komunikasi semakin berkembang dengan banyaknya user yang menghendaki terjaminnya kontinuitas hubungan komunikasi, tidak terbatas saat user dalam posisi diam ditempat tetapi juga ketika mereka dalam keadaan bergerak. Untuk itu lahirnya komunikasi bergerak dimana user tidak lagi terbatas oleh ruang lingkup gerak merupakan solusi yang baik untuk menjamin kontinuitas hubungan suatu komunikasi[7]. Semakin ketatnya persaingan antara operator seluler saat ini, menuntut para

operator jaringan untuk menjaga dan meningkatkan kualitas jaringan supaya pelanggan puas dan tidak pindah ke operator lain. *Mobile Station* (MS) akan memilih sinyal terkuat sebagai sinyal yang *servicing "Best Serving Cell"* dari *Base Transceiver Station* (BTS), tetapi sinyal kuat tidak berarti kualitas bagus[6].

Pada sistem komunikasi selular, interferensi yang terjadi dapat mempengaruhi proses transmisi dan penerimaan sinyal informasi pada terminal. Interferensi yang terjadi dapat menyebabkan suatu terminal telpon selular

menjadi tidak melakukan proses suatu panggilan. Hal tersebut tentunya akan menyebabkan berkurangnya jumlah terminal yang dapat ditangani oleh sistem selular.

Dalam sistem komunikasi selular generasi ke-3 (3G) yaitu *Wide Code Division Multiple Acces* (WCDMA), faktor-faktor yang mempengaruhi unjuk kerja dan kapasitas sistem yaitu :

1. *Interference* (Interferensi)
2. *Jamming* (Penyumbatan)
3. *Interception* (Pemotongan)

Kapasitas dari suatu sistem selular WCDMA sangat bergantung pada besar nilai C/I yaitu perbandingan sinyal yang diterima dengan sinyal interferensi yang terjadi. Jenis interferensi yang terdapat dalam sistem WCDMA terdiri dari *intra-system interference* dan *inter-system interference*. Jenis interferensi yang cukup berpengaruh adalah *inter-system interference* atau juga disebut sebagai *out-band interference*. Salah satu jenis *out-band interference* ialah *Adjacent Chanel Interference* (ACI). ACI terjadi akibat adanya operator selular lain yang beroperasi pada pita atau alokasi yang berdekatan. ACI memiliki pengaruh yang besar dalam menurunnya kapasitas dari sistem WCDMA.

Teknologi 3G telah digunakan di banyak negara dan negara Indonesia telah menerapkan teknologi tersebut. Indonesia telah menerapkan teknologi 3G yaitu WCDMA dan CDMA2000. Dengan diterapkannya dua teknologi tersebut, maka sangat memungkinkan terjadinya interferensi yang akan mempengaruhi kedua sistem. Oleh karena itu sangat penting untuk dilakukan tinjauan mengenai interferensi yang terjadi. Analisa interferensi yang dilakukan tersebut tentunya akan sangat bermanfaat dalam proses perencanaan suatu jaringan komunikasi selular yang baik khususnya WCDMA[1].

II. STUDI PUSTAKA

2.1. Penelitian Terkait

Dasar pemikiran penelitian yang peneliti buat adalah mengacu pada penelitian yang terkait sebelumnya, antara lain :

1. Budianto, Bambang, dengan judul “*Analisis Pengaruh Interferensi Terhadap Kapasitas Sel Pada Sistem WCDMA*”.

2. Murpy Hadi, Haris, dengan judul “*Analisis Unjuk Kerja Jaringan 3G di Area Cluster GSI 2*”.
3. Yustianingsih, Dewi, dengan judul *Analisa Pengaruh Pilot Pollution Terhadap Kualitas Layanan Teknologi Wideband Code Divison Multiple Access*

2.2. Tinjauan Pustaka

A. Data Mining

Pilot Pollution merupakan kondisi dimana jumlah dari active set yang menangani suatu UE lebih dari 3 dan keseluruhan active set tersebut berada pada range 5dB atau sekitar 3dB dari active set yang terbesar. Active set yang melebihi batasan Max Active Set dapat mengganggu kualitas dari suatu sinyal dan bertindak sebagai penginterferen. Dalam hal ini, penginterferen dapat menurunkan performansi dari suatu sistem[1].

B. Pilot Power

Common Pilot Channel (CPICH) merupakan kanal yang digunakan untuk referensi dalam mobile station melakukan handover, cell selection, dan cell reselection. Selain itu kanal ini juga bisa digunakan dalam menentukan ukuran dari sel (cakupan). CPICH ini sendiri terdapat dua jenis yaitu P-CPICH (primary) dan S-CPICH (secondary). Biasanya parameter P-CPICH digunakan dalam optimasi cakupan dan kapasitas sedangkan S-CPICH lebih fokus pada pengaturan nilai level daya dari P-CPICH. Umumnya nilai daya yang dialokasikan untuk CPICH adalah 5-10% dari total daya pancar base station dengan nilai maksimum 15% dan nilai minimum 3%. Di dalam prakteknya penentuan nilai pasti CPICH terdapat beberapa strategi dalam pengalokasiannya, antara lain melalui pendekatan sebagai berikut:

- Uniform P-CPICH power

Dengan strategi ini semua sel akan menggunakan nilai PCPICH yang sama. Strategi ini sering digunakan oleh operator di dalam perancangan jaringan karena kemudahannya. Dengan nilai CPICH yang sama kondisi optimal akan mudah tercapai dan waktu untuk

perancangan jaringan relatif cepat. Namun strategi ini hanya efisien untuk skenario propagasi yang sederhana dimana redaman hanya dipengaruhi oleh jarak. Selain itu jika diterapkan untuk lingkungan yang non homogen (campuran dua jenis lingkungan propagasi misalnya urban dan suburban) akan menghasilkan kinerja yang kurang efisien.

- Manual
 Dengan strategi ini nilai PCPICH akan diinput secara manual dan kemungkinan besar akan menghasilkan nilai yang berbeda di setiap node B. Dalam penentuan nilai dayanya biasanya didasarkan pada pengalaman dan intuisi dari engineer. Tingkat koefisiennya lebih tinggi bila dibandingkan uniform. Akan tetapi strategi ini akan memakan banyak waktu terutama untuk jumlah sel yang banyak dan terkadang jauh dari nilai PCPICH power yang optimal.
- Maksimum PCPICH power untuk beban terendah
 Dengan teknik ini sel-sel yang memiliki beban trafik yang rendah (TCH power kecil) alokasi daya pancar yang ada dari sisa trafik tersebut digunakan untuk pilot power[5].

Tabel 2.1CPICH Power Setting

TCP Power (watt)	TCP Power (dBm)	Max Tx Power (dBm)
40	46,02	460
60	47,78	477/478
80	49,03	490
120	50,79	507
Watt	6% dari total power	Primary CPICH
39,8	2,39	337
60,23	3,61	355
79,43	4,77	367
117,49	7,05	384

Untuk mengetahui perubahan bentuk pada satuan watt ke decibell mili, berikut

adalah rumus konversi Watt ke Decibell Mili :

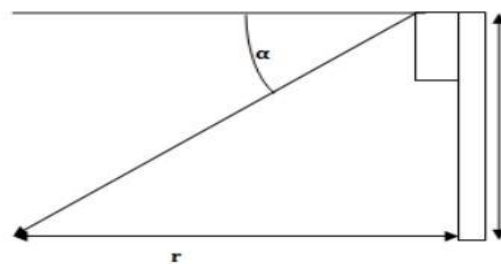
$$p(dBm) = 10 \log \left(\frac{q(\text{watt})}{10^{-3}} \right)$$

p = bilangan dalam satuan decibell mili
 q = bilangan dalam satuan watt

C. Downtilt

Antena adaptif merupakan antena yang bisa menyesuaikan konfigurasi sesuai dengan kondisi dari penggunaanya karena sudah menggunakan microchip di dalamnya. Contoh dari antena ini yang sudah mulai dikembangkan adalah antena MIMO dan antena yang memiliki fitur Remote Electrical Tilting (RET). Parameter dari antena yang bisa dikontrol dalam kasus optimasi sendiri ada beberapa, yaitu Pola radiasi, Sudut Azimuth, Antenna tilting dan Ketinggian dari permukaan tanah.

Down tilt adalah tingkat kedudukan vertikal dari antena itu sendiri. Down tilt antena berorientasi pada nilai 0 – 10 derajat, 1 tilt = 1 derajat. Down tilt biasanya digunakan karena dua alasan, yaitu: mengurangi Interferensi dan mencegah Overshoot. Secara umum konsep dari downtilt yaitu meradiasikan sebuah sinyal yang kuat ke segala arah dalam serving cell. Adapun perhitungan downtilt antenna sebagai berikut[4] :



Gambar 2.2 Tilt Antena

$$\arctan \alpha = \frac{h_{BTS}}{r}$$

r = Radius (meter)

h_{BTS} = Tinggi antena BTS (meter)

arctan α = Derajat tilt antena (°)

D. *Received Signal Code Power* (CPICH RSCP)

Received Signal Code Power adalah kuat sinyal penerimaan yang menyatakan besarnya daya pada satu kode yang diterima oleh UE yang merupakan salah satu parameter yang menentukan nilai Ec/No dan nilai CPICH RSCP merupakan suatu nilai yang menunjukkan level kekuatan sinyal. Kuat sinyal yang diterima oleh UE dari node-b masing-masing berbeda satu sama lain. Hal ini disebabkan karena pengaruh redaman akibat rugi-rugi lintasan propagasi yang didapat setiap user berbeda. Semakin besar nilainya maka semakin baik[3]. Tidak ada standar yang ditetapkan untuk nilai CPICH RSCP, setiap operator memiliki ambang yang berbeda-beda. Nilai CPICH RSCP yang digunakan oleh operator yang bersangkutan yang digunakan pada tugas akhir ini terlihat pada tabel berikut

Tabel 2.2 Ranges CPICH RSCP (operator bersangkutan)

Ranges Nilai	Kualitas Sinyal	Standar Warna
-85 to -15	Sangat Bagus	Blue
-105 to -85	Bagus	Cyan
-135 to -105	Cukup	Magenta

E. CPICH Ec/No

Merupakan perbandingan dalam dB dari Energi chip dengan daya noise total yang diukur pada pilot channel yang utama. Ec/No mengindikasikan kualitas jaringan, yang apabila nilainya semakin kecil berarti tingkat Interferensinya tinggi.

CPICH Ec/No adalah rasio perbandingan antara energi yang dihasilkan dari sinyal pilot dengan total energi yang diterima. Ec/No juga menunjukkan level daya minimum dimana MS masih bisa melakukan sesuatu panggilan. Rasio perbandingan antara energi yang dihasilkan dari setiap pilot dengan total energi yang diterima diberikan oleh persamaan sebagai berikut:

$$CPICH\ RSCP = RSSI + CPICH\ Ec/No \dots (1)$$

Dimana :

CPICH Ec/No = Rasio perbandingan antara energi yang dihasilkan dari sinyal

pilot dengan total energi yang diterima (dB)

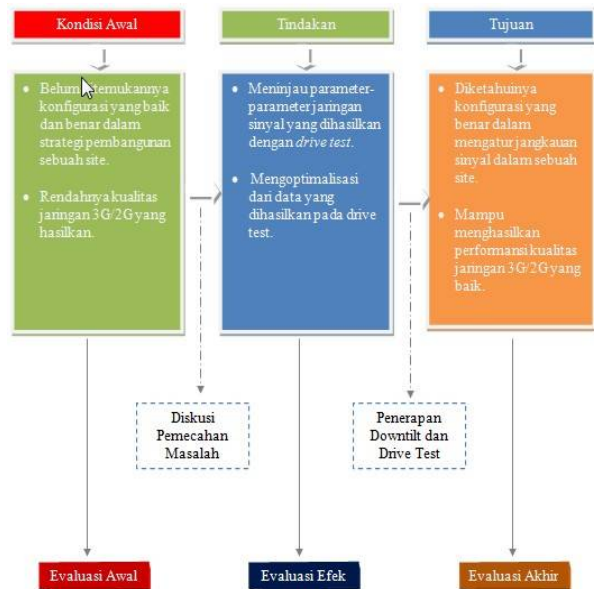
$$CPICH\ RSCP = Received\ Signal\ Code\ Power\ (dBm)$$

Tidak ada standar yang ditetapkan untuk nilai CPICH Ec/No. Setiap operator memiliki ambang yang berbeda-beda[7]. Nilai CPICH Ec/No yang digunakan oleh operator yang bersangkutan pada Tugas Akhir ini dapat dilihat pada Tabel.

Tabel 2.3 Ranges nilai CPICH Ec/No (operator bersangkutan)

Ranges Nilai	Kualitas Sinyal	Standar Warna
-10 to 0	Sangat Bagus	Blue
-15 to -10	Bagus	Cyan
-35 to -15	Cukup	Magenta

F. Kerangka Pemikiran



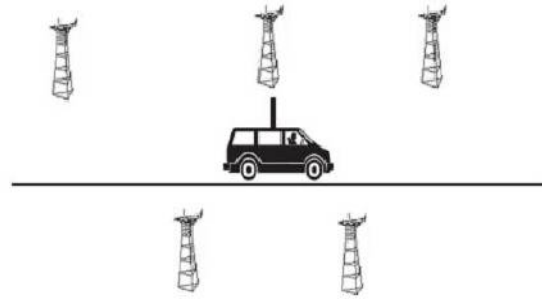
Gambar 2.3 Kerangka Pemikiran

III. METODE PENELITIAN

Metode Penelitian digunakan untuk memperoleh pengetahuan yang baru atau bisa juga untuk menjawab permasalahan-permasalahan penelitian yang dilakukan secara ilmiah.

3.1 Drivetest

Drive test adalah pengukuran yang dilakukan untuk mengamati dan untuk mendapatkan hasil yang akan digunakan untuk optimasi agar dihasilkan kriteria performansi jaringan. Komponen yang diamati biasanya adalah kuat daya pancar dan daya terima, tingkat kegagalan akses (originating dan terminating), tingkat panggilan yang gagal (drop call) serta Frame Error Rate (FER).



Gambar 3.1 Proses drivetest dalam mobil pada jaringan GSM.

A. Komponen Drive Test

Peralatan standar untuk drive test

a) Notebook

Perangkat notebook yang digunakan dalam penelitian ini antara lain dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Prosesor intel core 2 Duo 2.00 Ghz
- RAM 2 GB
- Hardisk 500GB

b) Mobile Station

c) GPS

d) Software drive test TEMS INVESTIGATION

B. Prosedur optimasi dalam proses drive test terdiri dari, yaitu:

• Single cell function test

Proses single cell function test biasa digunakan untuk menguji secara individu sebuah Base Transceiver Station (BTS) atau Node-B baik secara performa maupun functionality dari BTS atau Note-B tersebut apakah sudah bekerja secara normal atau masih terdapat masalah.

• Cluster Optimization

Dilakukannya Cluster Optimization untuk menguji beberapa BTS dalam sebuah cluster, serta menguji hubungan dan performansi antar setiap BTS.

• System Optimization

Dilakukan proses System Optimization untuk menguji performansi jaringan BTS yang lebih luas.

C. Untuk penerimaan sinyal dari site baru ada dua macam DT yang dilakukan, yaitu idle mode dan dedicated unlocked mode.

a) Idle Mode

Idle mode drive test dilakukan dengan cara tidak melakukan panggilan pada saat drive test sedang berlangsung. Tujuannya adalah untuk mengetahui cakupan sebenarnya dari site tersebut[6].

b) Dedicated unlocked Mode

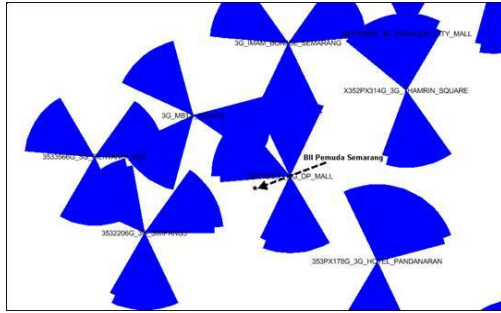
Dilakukan dengan cara melakukan panggilan pada saat drive test sedang berlangsung. Tujuannya adalah untuk mengukur kualitas sinyal dari site tersebut seperti RxQual, SQI, Drop call, CSSR, dan masih banyak informasi yang bisa diukur.

IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini peneliti memiliki dua tempat studi kasus yang berbeda yaitu pada area cell Kendal Weleri dan pada area BII Pemuda Semarang sebagai pembuktian implementasi penelitian tersebut.

4.1 Kondisi Awal BII – KCI SEMARANG PEMUDA

Seperti terlihat pada gambar dibawah, lokasi tempat yang buruk ditutupi oleh sektor 3 site 3G_DP_MALL dan sektor 1 dari site 3G_SIMPANG_5. Tempat ini terletak sekitar 400 meter – 600 meter dari site-site yang saling melayani.



Gambar 4.1 Lokasi terkena pilot pollution.

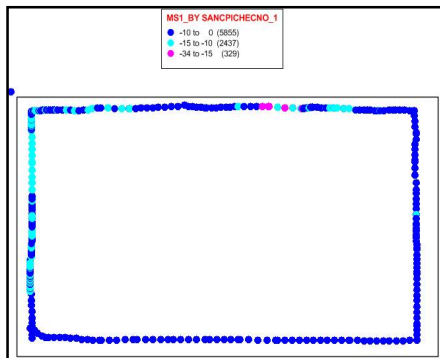
Downtilt antenna pada site 3G_SILIWANGI_ADA, jarak antara site 3G_SILIWANGI_ADA ke daerah yang tedampak pilot pollution adalah 870 meter, agar coverage site 3G_SILIWANGI_ADA tidak lagi mencakup titik tersebut radius dari site dijadikan 600 meter sehingga dapat dilakukan tilt yang diperoleh tilt antenna yang sesuai adalah :

$$\begin{aligned} \arctan \alpha &= \arctan \frac{h_{BTS}}{r} \\ &= \arctan \frac{33,5}{600} \\ &= \arctan 0,0558 \\ &= 3,19^\circ \\ &= 3^\circ \end{aligned}$$

• **Test Drive Result Second Floor BII – KCI PEMUDA SMG**

MS Normal Mode, Signal serving from CI : 55811 – 55814/ 3532206G_3G_SIMPANG5

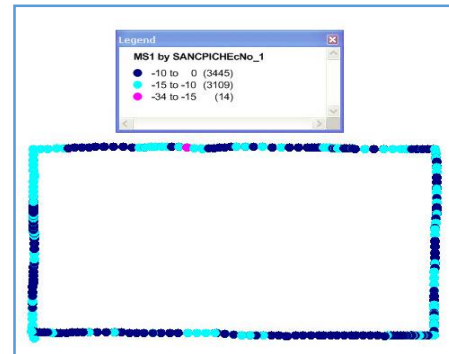
Signal Quality (Avg) : -10.5 dB



Gambar 4.2 Hasil test drive lantai satu sebelum optimasi

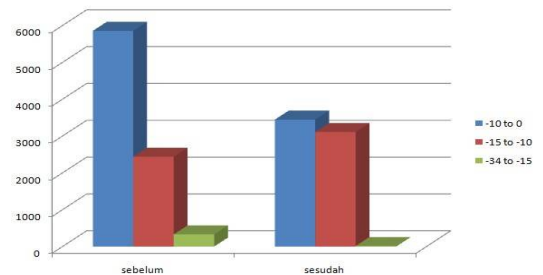
MS Normal Mode, Signal serving from CI : 55811 – 55814/ 3532206G_3G_SIMPANG5

Signal Quality (Avg) : -8.5 dB



Gambar 4.3 Hasil test drive lantai satu setelah optimasi.

SANCPICHeCNo_1						
Range	Before	After	Before %	After %	Warna	Status
-10 to 0	5855	3445	67,92%	52,44%	Blue	SANGAT BAGUS
-15 to -10	2437	3109	28,27%	47,33%	Cyan	BAGUS
-34 to -15	329	14	3,81%	0,22%	Magenta	CUKUP
Jumlah	8621	6568	100%	100%		



Gambar 4.4 Perbandingan Ecno lantai satu

4.2 Data Awal Lucky Cell Weleri

Tabel 4.1 Primary CPICH Power

Site Name	352SM3G Sector	Primary CPICH Power
3G_PUCUKSARI	157201	330
_WELERI	157202	330
	157203	320
	257204	330
	257205	330
	257206	330

Pada area tersebut diketahui data yang dimiliki oleh tiap sector adalah seperti diatas.

Penyebab *pilot pollution* pada kasus ini dikarenakan pada area tersebut tidak ada *site* yang dominan untuk mencover area tersebut, maka pada *site* 3G_PUCUKSARI_WELERI di sector 1 frekuensi dilakukan dioptimalisasi, berikut perhitungannya :

$$p(\text{dBm}) = 10 \log q(\text{watt}) / 10^{-3}$$

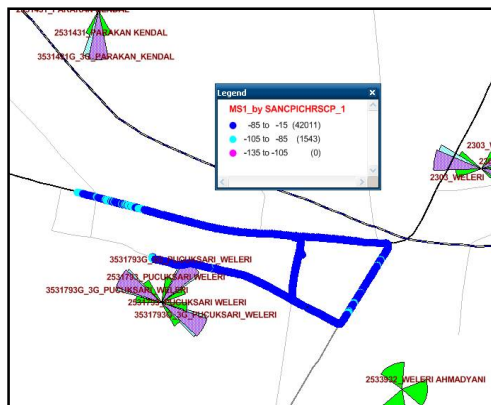
$$p(\text{dBm}) = 10 \log 2,39 / 10^{-3} = 33,7$$

Tabel 4.2 Primary CPICH Power Setting

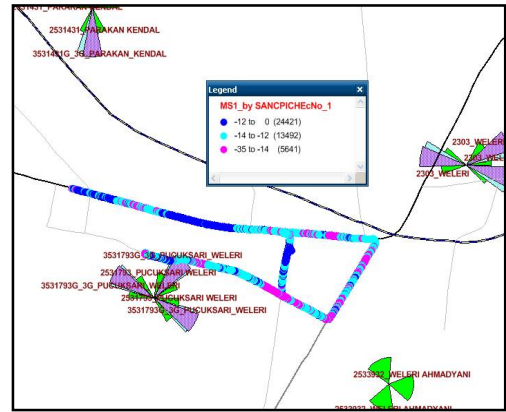
3G_PUCUKSA RI_WELERI	352M3G	CPICH POWER (dBm)	
		Before	After
XL	157201v	330	337
	157202	330	330
RUS Power = 40 watt	157203	330	330
	257204v	330	337
	257205	330	330
	257206	330	330

Pada tabel diatas menggambarkan adanya perubahan CPICH power pada sector 1 menjadi diatas rata-rata *threshol* yang ditentukan yaitu 6% dari total 40 watt RUS Power yang dimiliki setiap *site*.

• **Drivetest Result Lucky Cell Weleri**



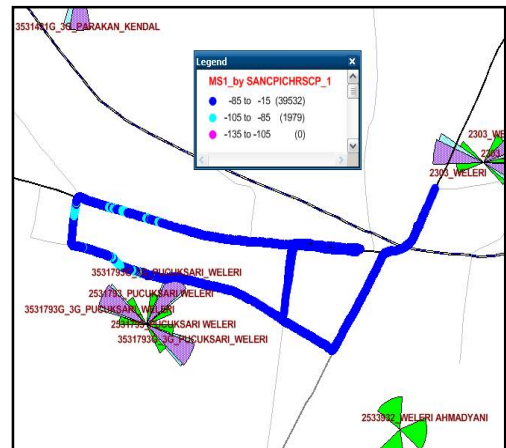
Gambar 4.5 Plot SANCPIChEcNo_1MS1



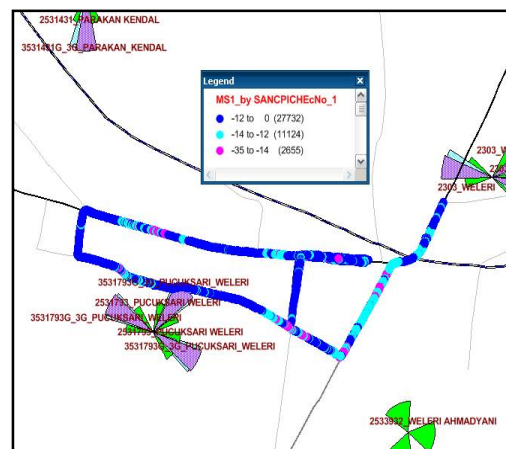
Gambar 4.6 Plot SANCPIChEcNo_1MS1

Titik ungu mewakili sebaran level sinyal dan level kualitas suara yang kurang bagus. Sehingga masih terlampau banyak terdeteksi saat dilakukan drive test.

• **Drivetest Result After Optimization**



Gambar 4.7 SANCPIChRSCP_1 setelah optimalisasi



Gambar 4.8 SANCPIChEcNo_1 setelah optimalisasi

Dari hasil yang didapatkan pada gambar diatas bisa dibandingkan jika kondisi awal sebelum dilakukannya optimasi dengan kondisi dimana sudah dilakukan optimasi, mengalami perubahan dalam kondisi yang membaik terutama pada RSCPEcNo1 yang berawal frekuensi -12 to 0 pada kisaran 56,07% menjadi 66,80%, kemudian -14 to -12 dari 30,97% berkurang menjadi 26,79% serta -35 to -14 dari 12,69% kemudian menjadi lebih baik hanya 6,39%.

Tabel 4.9 Perbandingan distribusi RSCP dan EcNo

SANCPICHRSCP_1						
Range	Before	After	Before %	After %	Warna	Status
-85 to -15	42011	39532	96,45%	95,23%		SANGAT BAGUS
-105 to -85	1543	1979	3,55%	4,65%		BAGUS
-135 to -105	0	0	0%	0%		CUKUP
Jumlah	43554	43554	100%	100%		
SANCPICHECNO_1						
Range	Before	After	Before %	After %	Warna	Status
-12 to 0	24421	27732	56,07%	66,80%		SANGAT BAGUS
-14 to -12	13492	11124	30,97%	26,79%		BAGUS
-35 to -14	5641	2655	12,96%	6,39%		CUKUP
Jumlah	41511	41511	100%	100%		

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Dari seluruh data yang diperoleh pada saat drive test pada Area Bank BII dan Area Cell Weleri. Penulis menarik kesimpulan bahwa dengan metode yang digunakan bisa mengetahui sudut kemiringan base station yang tepat serta Common Pilot Channel Power. Sehingga meringankan kinerja mobile phone yang disebabkan oleh interferensi.

5.2 Saran

1. Pihak provider telekomunikasi seharusnya dalam membangun sebuah sistem telekomunikasi baru, seharusnya melalui perhitungan dan pertimbangan yang tepat.
2. Melakukan maintenance secara berkala untuk meminimalisir terjadi kesalahan pada software

maupun hardware yang beroperasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Budianto, Bambang, *Analisis Pengaruh Interferensi Terhadap Kapasitas Sel Pada Sistem WCDMA*, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok, 2009.
- [2]. Murpy Hadi, Haris, *Analisis Unjuk Kerja Jaringan 3G di Area Cluster GSI 2*, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok, 2011.
- [3]. Yustianingsih, Dewi, *Analisa Pengaruh Pilot Pollution Terhadap Kualitas Layanan Teknologi Wideband Code Divison Multiple Access*, Teknik Elektro Universitas Brawijaya, Malang, 2013.
- [4]. Rummi Sirait (2013), *Analisa Performansi Jaringan 3G*, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Budi Luhur.
- [5]. Yasir Adin (2011), *Analisis Self-Optimization Cakupan Dan Kapasitas Menggunakan Algoritma Heuristik Dilingkungan Radio Propagasi Yang Berbeda*, Fakultas Komunikasi, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- [6]. Hakim, Gani Ajmil, *Analisis Parameter BSS Untuk GSM Berdasarkan Data OMC-R Dan Drive Test*, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, 2009.
- [7]. R Bram Aditya Kusuma, *Analisa Kualitas Voice Call Pada Jaringan WCDMA Menggunakan Tets Investigation*, Universitas Diponegoro, Semarang. 2009.
- [8]. Neilcy T. Mooniarsih, *Efek Pilot Pollution Dan Cell Breathing Terhadap Performansi Jaringan WCDMA*, Laboratorium Telekomunikasi, Universitas Tanjungpura. Pontianak. 2010.