

Makalah Seminar Tugas Akhir

ANALISIS KINERJA RF (RADIO FREKUENSI) PADA SISTEM CDMA2000 1X

Ali Margosim^[1], Imam Santoso, S.T, M.T^[2], Ajub Ajulian Azzahra, S.T, M.T^[2]

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jln. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, Indonesia

ABSTRACT

RF (Radio Frequency) analysis on CDMA2000 1X is aimed to know the real field condition about communication service of CDMA2000 1X, especially the performance of RF. This discussion is significant since RF is the essence of CDMA itself. In other word, RF is a match between system main network and user.

In order to see the real field condition of CDMA2000 1X, there must be a drive test. The drive test datum which is taken is the performance data of RF of CDMA2000 1X which covers: (1) Pilot Coverage; (2) Handoff; (3) Ec/Io; (4) RxPo; (5) TxPo; (6) FFER; and (7) TxGA. The drive test uses two softwares: (1) TEMS Investigation CDMA 2.4; and (2) HASP Emulator. Then, the drive test data are processed by using Actic Software Analyzer and saved in tab (.tab) form. In the analysis, it uses two main programs: (1) MapInfo Professional 7.0; and (2) Accounting simulation program by using C# 2010.

The analysis result shows that the most drive test routes in this final project are in good condition. Still, there are some spots which are not in ideal condition. Spot 1, 2, and 3 get forward canal intervention. It is caused by D_{max} (The Reach maximum Distance) which is misbalanced with the spreading pilot, and the low emission power (TxPo). However, it can be solved by reducing the D_{max} value by the operator in each BTS cell and increasing TxPo value in each spot.

Keywords: CDMA 2000 1x, Radio Frekuensi, Drive Test, TEMS, Map Info, Program C# 2010, HASP Emulator, Pilot Coverage, Handoff, Ec/Io, Rx Power, Tx Power, FFER, TxGA.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan akses data pada teknologi selular yang bersifat *mobile* saat ini berkembang sangat cepat seiring dengan kebutuhan informasi yang semakin tinggi. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu: kemampuan komunikasi data bergerak, kehandalan sistem yang semakin meningkat dan tidak terbatas waktu dan tempat sehingga konsumen dapat melakukan akses data cepat, handal dan nyaman.

Code Division Multiple Access adalah teknik modulasi dan akses jamak yang didasarkan pada sistem komunikasi spektral tersebar, dengan masing-masing pengguna diberikan suatu kode tertentu yang akan membedakan satu pengguna dengan pengguna lainnya. Mulanya sistem ini dikembangkan pada kalangan militer karena kehandalannya dalam melawan derau yang tinggi, sifat anti *jamming*, dan kerahasiaan data yang tinggi. Dalam era globalisasi ini banyak diaplikasikan untuk seluler maupun *fixed wireless*.^[1]

Mencermati riset sebelumnya, pembahasan seputar CDMA2000 1X sudah banyak yang melakukannya. Beragam topik permasalahan tentang CDMA2000 1X pun

diangkat. Diantara topik yang pernah dibahas adalah CDMA2000 1X *Network Planning* (Veronika Indirawati, 2004), optimisasi radio frekuensi pada sistem CDMA2000 1X (Herry Susanto, 2005), analisis kegagalan *handover* pada sistem CDMA area kota Semarang (Supri Purwo Putro, 2006), analisis kualitas panggilan CDMA2000 1X menggunakan TEMS (Agung Supri Anto, 2010), analisis kualitas layanan paket data sistem CDMA2000 1X berdasarkan data *drop call* dan data *drive test* (Nurul Trisanti, 2010),

Penelitian kali ini membahas tentang analisis kinerja radio frekuensi pada CDMA2000 1X menggunakan Tems Investigation 2.4, dengan studi kasus Telkom Flexi Area Kota Semarang. PT. TELKOM menggunakan teknologi CDMA 2000-1X dan sudah diterapkan pada DIVISI FIXED WIRELESS NETWORK, produknya adalah TelkomFlexi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi sebenarnya di lapangan mengenai layanan komunikasi CDMA2000 1X, khususnya kinerja radio frekuensi (RF). Pembahasan ini menjadi sangat penting karena RF merupakan ujung tombak jaringan CDMA itu sendiri. Dengan kata

lain, RF merupakan titik pertemuan antara jaringan inti sistem dengan pelanggan.

1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah menganalisis data hasil *drive test* Radio Frekuensi (RF) *Code Division Multiple Access* (CDMA) 2000 1x Telkom Flexi, sekaligus membuat program simulasi yang dapat digunakan untuk menghitung jumlah titik, jumlah nilai, nilai rata-rata, grafik, dan mampu memberikan saran perbaikan sistem dari data *drive test* CDMA2000 1X.

1.3 Pembatasan Masalah

Dalam pembuatan tugas akhir ini penulis membatasi permasalahan sebagai berikut :

1. Penelitian ini dilakukan pada *Code Division Multiple Access* (CDMA) 2000 1X Telkom Flexi Kota Semarang.
2. Pembahasan hanya sebatas data *drive test* saja. Tidak membahas secara mendalam tentang konsep dan teori radio pada CDMA2000 1X. Dan, data *drive test* yang dianalisis adalah kinerja RF (Radio Frekuensi) CDMA2000 1X saja.
3. Tidak membahas secara mendalam tentang perangkat *drive test* yang dipakai pada sistem CDMA 2000 1x PT.Telkom Flexi.
4. Menggunakan program bantu Visual C# 2010 untuk membuat simulasi perhitungan jumlah titik, jumlah nilai, rata-rata, grafik, dan saran perbaikan system saja.
5. Menggunakan program bantu MapInfo Professional 7.0 untuk visualisasi data *drive test* pada peta kota Semarang.
6. Tidak membahas tentang BTS yang ada, dan *Network Optimization* RF CDMA2000 1X.
7. Perangkat *drive test* yang digunakan yaitu TEMS.

II. DASAR TEORI

Ada 4 (empat) hal mendasar yang perlu kita ketahui berhubungan dengan CDMA2000 1X dalam menentukan parameter kinerja Radio Frekuensi (RF), yakni perambatan gelombang (*Propagation*) dan model *pathloss*, jangkauan dan interferensi, struktur *link* pada CDMA2000 1X, dan *handoff*.^[2]

2.1 Propagasi dan Model *Pathloss*

Propagasi adalah peristiwa perambatan gelombang radio dari antena pemancar (Tx) ke antena penerima (Rx).

Sementara karakteristik kanal propagasi sangat tergantung pada 2 hal berikut^[10] :

A. Redaman Propagasi

Redaman propagasi merupakan selisih antara daya kirim dan daya terima. Redaman propagasi itu terbagi ke dalam 3 kondisi sebagai berikut :

- 1) *Free Space loss*, yang diasumsikan propagasi hanya terjadi pada satu lintasan, tidak terjadi refleksi, dan zona ke-1 *fresnell* bebas halangan.
- 2) *Diffraction*, jika antara antena BTS dengan antena MS (*Mobile Station*) terhalang oleh suatu *obstacles* (gedung, bukit, dan lain-lain).
- 3) *Reflection*, jika sudut kedatangan sinyal langsung dan sinyal pantul kecil, dan refleksi menyebabkan *phase* gelombang berubah 180 derajat.

B. Fading

Fading merupakan fluktuasi daya yang sampai ke penerima. Fading terbagi ke dalam 3 kondisi sebagai berikut :

- 1) *Multipath fading*, terjadi karena terdapat objek antara antena pengirim dan antena penerima sehingga gelombang yang sampai ke penerima berasal dari beberapa lintasan (*multipath*). Fenomena ini menyebabkan *delay spread* yang mengakibatkan *Inter Symbol Interferensi* (ISI). Efek *fading* akibat *multipath* ini bersifat cepat (*fast fading*).
- 2) *Shadowing*, terjadi karena terhalangnya sinyal sampai ke penerima akibat oleh gedung bertingkat, tembok, dan lain-lain. Fluktuasi sinyal akibat *shadowing* ini bersifat lambat (*slow fading*).

Pada sistem komunikasi seluler, jari-jari masing sel diatur dengan melihat kebutuhan sinyal minimum di tepi sel tersebut. Dengan mengetahui kebutuhan tersebut maka daya pada pemancar dapat ditentukan dengan cara menambahkan kebutuhan sinyal minimum dan rugi-rugi propagasi. Dengan kata lain, daya pancar adalah penjumlahan daya minimum di penerima, *gain*, *pathloss*, dan *margin*.

Pathloss dihitung dengan memperhatikan keadaan lingkungan perambatan gelombang tersebut. Terdapat beberapa model perhitungan rugi-rugi perambatan ini, tetapi dari semua metode tersebut faktor yang paling penting adalah jarak (pemancar dan penerima) serta frekuensi kerja yang digunakan.

Pada penelitian ini, model yang akan digunakan adalah model yang berlaku secara

umum untuk semua kawasan, yaitu model *pathloss* Okumura-Hatta.

Sebagai referensi, pembagian lingkungan propagasi untuk formula Okumura-Hatta ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Table 2.2 Referensi pembagian lingkungan propagasi gelombang [5]

Kategori	Deskripsi
Kota Metro politan	Wilayah perkotaan yang sangat padat dengan gedung-gedung pencakar langit (10-20 lantai). Kepadatan penduduk lebih dari 20.000 per mil persegi (lebih dari 51800 per km persegi)
Urban	Daerah perkotaan dengan gedung-gedung bertingkat (5-10 lantai). Kepadatan penduduk antara 7500 hingga 20.000 per mil persegi (19425 hingga 51800 per km persegi)
Sub-Urban	Daerah dengan gedung-gedung yang tidak terlalu tinggi (2-5 lantai), dengan perumahan (1-2 lantai). Populasi antara 500 hingga 7500 penduduk per mil persegi (1295 hingga 19425 per kilometer persegi).
Rural	Daerah terbuka, dengan banyak area pertanian yang terbuka, sebagian berupa perumahan penduduk yang sederhana (1-2 lantai). Populasi dibawah 500 penduduk per mil persegi (kurang dari 1295 per kilometer persegi).

2.2 Jangkauan dan Interferensi

Pada sistem seluler, jangkauan dan interferensi merupakan dua hal yang saling berkaitan. Untuk alokasi lebar pita yang sama, kapasitas tiap-tiap sel pada sistem yang sama akan sama pula. Oleh karena itu, jangkauan sel pada daerah dengan kepadatan penduduk atau kepadatan pelanggan yang tinggi diperkecil agar tiap sel memberikan kapasitas yang mencukupi.

Secara umum, jangkauan sistem seluler dibatasi oleh kebutuhan minimum sinyal yang diperlukan untuk layanan tertentu. Selain itu, jangkauan sel juga dipengaruhi oleh kebutuhan trafik yang ada.

Pada sistem RF CDMA, sebaiknya jangkauan masing-masing sel harus diatur untuk meminimalkan interferensi antar sel. Metode untuk mengurangi interferensi antar sel antara lain dengan tilting antena atau pengaturan kemiringan antena.

2.3 Struktur Link pada CDMA

2.3.1 Forward Link

Forward link adalah link dari BTS ke perangkat bergerak. Secara umum terdiri dari :

Kanal Pilot

Kanal pilot adalah kanal yang tidak dimodulasi, akan tetapi karena sebelum dipancarkan disebar dengan kode PN. Oleh karena itu, kanal pilot hanya berisi informasi mengenai kode PN saja. Kanal pilot digunakan oleh perangkat bergerak untuk menentukan keberadaan suatu BTS dan mendapatkan kode offset dari kode PN yang digunakan.

Kanal Sync

Kanal sync adalah kanal yang membawa informasi baseband berupa sync channel message yang member informasi ke perangkat bergerak tentang sinkronisasi dan parameter-parameter sistem. Kanal sync mempunyai bitrate sebesar 1200 bps.

Kanal Paging

Seperti halnya kanal sync, kanal paging juga membawa informasi baseband tetapi dengan kecepatan yang lebih tinggi. Kanal paging mempunyai kecepatan 4800 atau 9600 bps. Setelah memperoleh sinkronisasi dan parameter sistem dari kanal sync, perangkat bergerak terus menerus memonitor kanal paging ini untuk memperoleh informasi yang dikirim oleh BTS.

Kanal Traffic

Kanal traffic digunakan untuk pengiriman data dan voice. Satu carrier CDMA bisa membawa lebih dari 30 kanal traffic yang masing-masing mempunyai *bit rate* yang berbeda-beda : 2.4 kbps, 4.8 bps, 9.6 bps atau lebih.

2.3.2 Reverse Link

Reverse link adalah link dari perangkat bergerak ke BTS. Reverse link mendukung 2 jenis kanal logika, yaitu kanal access dan kanal traffic.

Kanal Access

Kanal access digunakan perangkat bergerak untuk berkomunikasi dengan BTS ketika tidak ada kanal traffic yang dipakai. Perangkat bergerak menggunakan kanal ini untuk melakukan panggilan atau menjawab panggilan. Data baseband kanal access ini adalah 4.8 kbps.

Kanal Traffic

Kanal traffic adalah kanal yang digunakan untuk mengirim data atau voice. Struktur kanal traffic hampir sama dengan struktur kanal access, perbedaannya adalah kanal traffic memiliki data burst randomizer, yang digunakan untuk mengatur daya pancar perangkat bergerak yang disesuaikan dengan aktifitas suara pelanggan.

2.4 Handoff

Pada sistem komunikasi seluler, dengan user yang bergerak dari suatu sel ke sel yang lain disebut juga dengan *handoff*. Terjadinya *handoff* merupakan suatu keharusan dan harus dapat dilakukan dengan baik untuk menghindari adanya gangguan pada user.

Pada sistem CDMA terdapat 3 tipe *handoff*:

1) *Hard handoff*

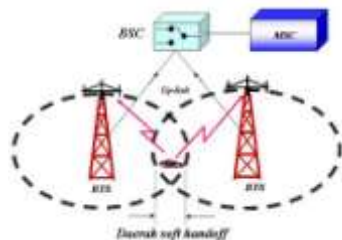
Hard handoff merupakan tipe *handoff* dengan sifat *break before make*, atau putus hubungan yang lama sebelum membuat hubungan yang baru.



Gambar 2.2 Kondisi *Hard Handoff* [7]

2) *Soft handoff*

Soft handoff terjadi ketika perangkat bergerak berpindah dari satu sel ke sel lain dengan frekuensi yang sama.



Gambar 2.3 Kondisi *Soft Handoff* [7]

3) *Softer handoff*

Softer handoff adalah *handoff* yang terjadi ketika perangkat bergerak berkomunikasi dengan dua sektor dalam satu sel.



Gambar 2.4 Kondisi *Softer Handoff* [7]

2.4.1 *Pilot sets*

Untuk mengatur proses *handoff* di atas, perangkat bergerak menyimpan 4 buah daftar sektor-sektor *base station*. Sektor-sektor tersebut disimpan dalam bentuk offset pilot PN masing-masing. Daftar masing-masing sektor ini disebut juga sebagai set,

atau pilot set. Keempat daftar tersebut adalah *active set*, *candidate set*, *neighbor set* dan *remaining set*.

Pilot berkaitan erat dengan *forward traffic channel* pada *forward CDMA link*. Masing-masing pilot diberi kode PN yang sama, tetapi pada offset yang berbeda.

Perangkat bergerak mengidentifikasi pilot dan secara terus-menerus memilah-milah menjadi 4 daftar diatas dengan aturan sebagai berikut :

- a. *Active set* : set ini berisi pilot-pilot suatu sektor yang pada saat tersebut sedang digunakan untuk berkomunikasi pada kanal *forward traffic*-nya.
- b. *Candidate set* : pilot-pilot yang telah diterima tetapi belum merupakan *Active set* karena kuat sinyalnya belum mencukupi untuk mengindikasikan bahwa *forward traffic channels* yang bersangkutan dapat dimodulasi dengan baik.
- c. *Neighbour Set* : Pilot-pilot yang belum bisa dikategorikan sebagai *Active set* maupun *candidate set*, dan memiliki kemungkinan besar sebagai kandidat untuk *handoff*.
- d. *Remaining set/sisanya* : semua kemungkinan pilot-pilot lain yang berada pada sistem yang ada, yaitu pada penugasan frekuensi CDMA yang digunakan pada saat tersebut. Daftar pilot ini terdiri dari pilot-pilot dengan urutan PN yang diindikasikan dengan kelipatan bilangan bulat dari *PILOT INCs*.

2.4.2 *Parameter handoff*

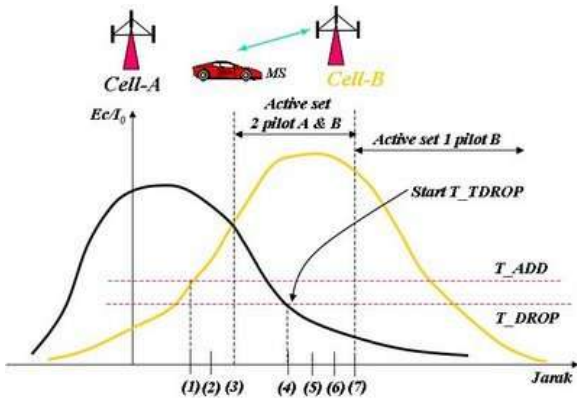
Parameter yang digunakan dalam menentukan kondisi *handoff* adalah T_{ADD} , T_{DROP} , T_{COMP} , dan T_{TDROP} .

T_{COMP} (*Comparison Threshold*) adalah parameter kendali perpindahan suatu pilot set dari *candidate set* menjadi *active set*. Perangkat bergerak akan memindahkan *candidate set* yang memiliki E_c/I_t lebih besar dari *active set* dikali $T_{COMP} \times 0.5$ dB menggantikan *active set* yang ada.

T_{DROP} (*Pilot Drop Threshold*) dan T_{TDROP} (*Drop Timer Threshold*) adalah parameter kendali untuk perpindahan pilot set dari *active/candidate set* menjadi *neighbor/remaining set*. Jika E_c/I_t suatu pilot turun hingga lebih kecil dari T_{DROP} maka perangkat bergerak akan

mulai menghitung. Jika sinyal pilot tersebut tetap dibawah nilai T_DROP sampai batas waktu T_TDROP , maka pilot tersebut dipindahkan dari *active/candidate set* menjadi *neighbor/remaining set*.

2.4.2 Proses handoff



Gambar 2.6 Proses Handoff [2]

Proses *handoff* suatu perangkat bergerak yang dilayani oleh sel A yang kemudian bergerak mendekati sel B hingga akhirnya dilayani oleh sel B, secara sederhana diilustrasikan sebagai berikut :

- 1) Perangkat bergerak dilayani oleh sektor A, *active set* hanya berisi pilot A. Terdeteksi bahwa pilot B telah melebihi T_ADD , untuk itu perangkat bergerak mengirim pesan ke *base station* berupa PSMM (Pilot Strength Measurement Message) serta memindahkan pilot B dari *neighbor set* ke *candidate set*.
- 2) Perangkat bergerak menerima HDM (Handoff Direction Message) dari *base station* A yang mengarahkan agar mulai berkomunikasi dengan sel B.
- 3) Perangkat bergerak memindahkan pilot sel B dari *candidate set* ke *active set*, sehingga *active set* berisi 2 pilot set. Selain itu, perangkat bergerak juga mengirimkan HCM (Handoff Completion Message) ke *base station* A.
- 4) Sinyal pilot A mulai turun hingga kurang dari nilai T_DROP , untuk itu perangkat bergerak mulai menghitung *drop timer*.
- 5) Ketika *drop timer* melebihi nilai T_TDROP perangkat bergerak mengirimkan pesan PSMM lagi.
- 6) Perangkat bergerak menerima HDM (Handoff Direction Message) yang mengarahkan agar melepaskan pilot A dan menggunakan pilot B saja.

- 7) Perangkat bergerak memindahkan pilot A ke *neighbor set*, *active set* hanya berisi pilot B saja, *soft handoff* berhasil dilakukan. Perangkat bergerak mengirimkan HCM ke *base station* B.

2.5 Search Windows

Untuk mencari sinyal pilot, perangkat bergerak menggunakan parameter *search windows* yang ditentukan oleh sel yang melayani perangkat bergerak tersebut. Terdapat tiga macam *search windows* yaitu : $SRCH_WIN_A$, $SRCH_WIN_N$, dan $SRCH_WIN_R$.

$SRCH_WIN_A$ digunakan perangkat bergerak untuk melacak keberadaan *active* dan *candidate pilot sets*.

$$SRCH_WIN_A = 2 \frac{(\tau_d)_{max}}{T_{chip}} \dots \dots \dots (2.1)$$

dengan

- $\tau_d \max$: Delay Maksimum (sekon)
- T_{chip} : Durasi chip (813.8 ns)

$SRCH_WIN_N$ adalah *search window* yang digunakan perangkat bergerak untuk memonitor keberadaan *neighbor pilot sets*.

$$SRCH_WIN_N = 2 \frac{D_{max} / V_c + (\tau_d)_{max}}{T_{chip}} \dots \dots \dots (2.2)$$

dengan

- D_{max} : Jarak maksimum (mil)
- V_c : Kecepatan Cahaya (186.000 mil/s)
- T_{chip} : Durasi chip (813,8 ns)

$SRCH_WIN_R$ adalah *search window* yang digunakan untuk melacak *remaining pilot sets*. Besarnya *delay spread* dan juga *delay budget* tergantung dari keadaan lingkungan. Semakin banyak *multipath* maka *delay* akan semakin besar.

2.6 Indikator Kinerja RF CDMA2000 1X

Indikator Kinerja RF pada CDMA2000 1X adalah sebagai berikut ^[1] : *Pilot coverage*, *Handoff*, E_c/I_o , Daya yang diterima perangkat bergerak (R_x_Power), Daya yang dipancarkan perangkat bergerak (T_x_Power), *Forward Frame Error Rate* (FFER), dan *Transmitter Gain Adjust* (T_xGA).

2.6.1 Jangkauan Pilot

Pilot coverage yang dimaksud tidak hanya menunjukkan jangkauan sinyal pilot saja, tetapi juga harus menunjukkan sebaran sinyal pilot yang merata di seluruh area yang direncanakan.

Untuk mengetahui kondisi sinyal pilot, perangkat bergerak menggunakan parameter

search windows yang ditentukan oleh sel yang melayani perangkat bergerak tersebut. Terdapat tiga macam *search windows* yaitu SRCH_WIN_A, SRCH_WIN_N, dan SRCH_WIN_R. Adapun nilai *range* masing-masing *Search Windows* idealnya sebagai berikut :

- SRCH_WIN_A : (0) =< x < (50) (chip)
- SRCH_WIN_N : (0) =< x < (50) (chip)
- SRCH_WIN_R : (0) =< x < (50) (chip)

2.6.2 Handoff

Pada aplikasi lapangan, parameter *handoff* yang biasanya dipakai hanyalah adalah T_ADD dan T_DROP. Untuk wilayah kota Semarang mempunyai nilai T_ADD ideal berkisar antara -15 dB sampai dengan -13 dB. Sementara T_DROP mempunyai nilai -16 dB sampai dengan -18 dB. *Range* di atas berlaku untuk daerah urban, lebih khususnya area yang dilewati saat melakukan *drive test* dalam kota Semarang.^[8]

2.6.3 Ec/Io

Ec/Io merupakan rasio perbandingan antara energi yang dihasilkan dari setiap pilot dengan total energi yang diterima. Ec/Io juga menunjukkan level daya minimum (*threshold*) dimana MS masih bisa melakukan suatu panggilan. Biasanya nilai Ec/Io menentukan kapan MS harus melakukan *handoff*. Nilai Ec/Io yang ideal adalah -13 dB hingga 0 dB.^[6]

2.6.4 Daya yang diterima perangkat bergerak (Rx_Power)

Penerima daya kanal *traffic* harus seimbang dengan penerimaan sinyal pilot. Rx_Power digunakan untuk mengetahui seberapa besar tingkat sensitivitas di bagian penerima. Pada umumnya dinyatakan dalam satuan dBm. Dalam sistem CDMA, Telkom Flexi Semarang, nilai Rx_Power yang ideal adalah dengan *range* (-100)=<x<(-30) dBm.

2.6.5 Daya yang dipancarkan perangkat bergerak (Tx_Power)

Telah dibahas pada bab sebelumnya bahwa pada CDMA daya pancar perangkat bergerak diatur oleh BTS dengan menggunakan power control. Daya pancar perangkat bergerak diupayakan seminimal mungkin, hal ini berkaitan dengan peristiwa interferensi antar sel. Pada sistem dengan perangkat bergerak kategori Class V (EIRP < 21 dBm), daya pancar dibagi menjadi beberapa tingkat, yaitu :

- Baik (Tx_Power < 0 dBm)
- Cukup (0 dBm < Tx_Power < 10 dBm)

- Kurang (10 dBm < Tx_Power < 20 dBm)
 Penambahan nilai daya pancar pada MS akan menyebabkan interferensi terhadap user lain. Sehingga user lain juga akan meningkatkan daya pancarnya. Nilai ideal Tx_Power adalah dengan *range* (-50)=<x<10 dBm.

$$TxPo = - (RxPo) - C + TxGA \dots\dots\dots(2.6)$$

di mana:

Rx_Po adalah daya yang diterima perangkat bergerak (dBm)

TxGA adalah *Transmitter Gain Adjust* (dB)

C = + 73 dB

2.6.6 Forward Frame Error Rate (FFER)

FFER didefinisikan sebagai rata-rata kesalahan *frame* dari setiap *frame* yang dikirimkan. Di mana rata-rata kesalahan *frame* tersebut tidak boleh lebih dari 2%. FFER merupakan parameter ukuran dalam lingkup masalah yang berhubungan langsung dengan statistik kualitas suara dan cakupan layanan, maka sistem CDMA harus dioptimalkan. Nilai FFER direpresentasikan dalam prosentase, misalnya 2 % artinya sinyal 2 *frame* dari 100 *frame* yang dikirimkan diperbolehkan mengalami *error*. FFER pada sistem CDMA yang ideal adalah nilainya rendah, antara 0-5 %.^[3]

$$FFER = \left[\frac{\text{frame Error}}{\text{frame Total}} \right] \% \dots\dots\dots(2.7)$$

2.6.7 Transmitter Gain Adjust (TxGA)

TxGA digunakan untuk pengontrolan daya dari BTS saat dimulainya panggilan. Jika daya yang diterima di MS terlalu rendah, maka BTS akan memerintahkan MS untuk menaikkan daya. Nilai TxGA yang ideal adalah dengan *range* (-20)=<x<10 dB. [9]

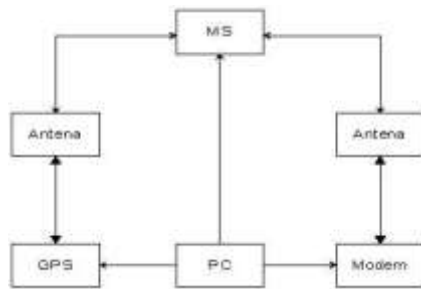
2.7 Drive Test

Pada dasarnya, pengukuran drive test itu dapat dibagi menjadi 2 kategori, yakni pengukuran drive test berbasis MS, dan pengukuran drive test berbasis Receiver.

Pengukuran Drive Test Berbasis MS (Phone Base Systems)

Pengukuran *Drive Test* Berbasis MS ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana performa jaringan dari sudut pandang *customer*. Hal-hal yang bisa diketahui dari pengukuran ini adalah berupa panggilan gagal ataupun terputus. MS juga mampu mengukur FER untuk mendapatkan indikasi kualitas suatu panggilan.

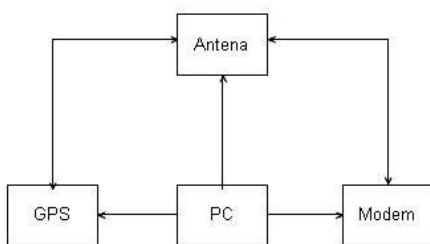
Gambar 2.12 menunjukkan sistem *drive test* berbasis MS.



Gambar 2.8 Konfigurasi sistem *drive test* berbasis MS

Pengukuran Berbasis Receiver

Umumnya, masalah yang timbul pada saat melakukan pengukuran berbasis MS adalah pewaktuan yang tidak valid. Oleh karena itu, diperlukan solusi *drive test* yang tidak bergantung pada jaringan. Sistem ini didesain untuk mengatasi masalah ini. *Receiver* menggunakan GPS untuk mensinkronisasi pewaktuan, sehingga tidak perlu terikat dan diatur oleh jaringan. *Receiver* tidak menggunakan kanal sinkronisasi BS untuk pewaktuannya seperti pada MS. Ia menggunakan sistem GPS untuk mendapatkan satu *pulse*/detik yang diperlukan untuk mengukur semua pilot yang terdeteksi pada input RF secara akurat. GPS juga digunakan untuk mendapatkan lokasi untuk setiap pengukuran yang dilakukan dalam bujur dan lintang. Sistem *drive test* berbasis receiver ini dapat kita lihat pada gambar 2.10.

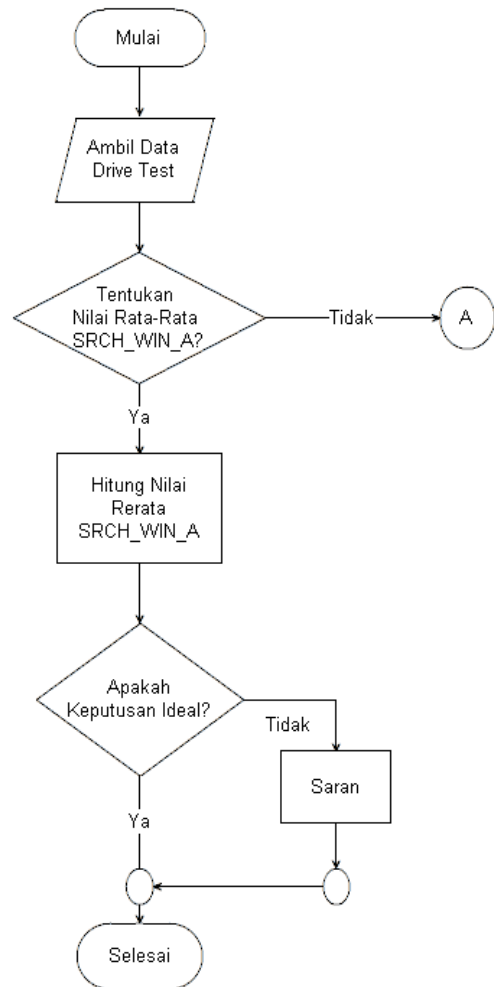


Gambar 2.10. Sistem *Drive test* berbasis receiver

III. PERANCANGAN SIMULASI DAN PENGAMBILAN DATA

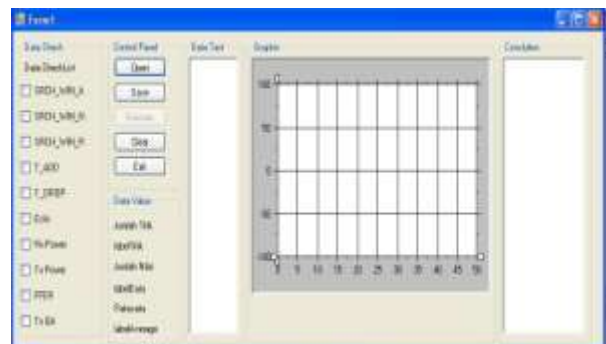
3.1 Perancangan Simulasi

Simulasi ini dirancang menggunakan program Visual C# 2010. Alur kerjanya diawali dari pengambilan data *drive test* yang telah dikelola menggunakan actix software analyzer. Alur kerja perhitungan data *drive test* ini dapat kita lihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir perhitungan data *drive test*

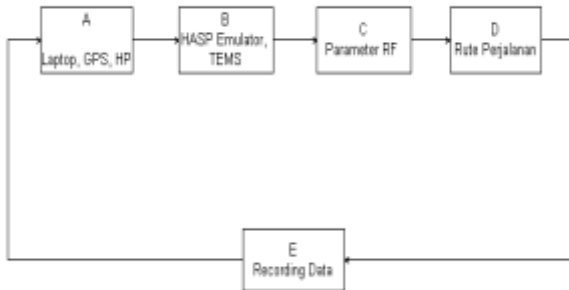
Diagram alir perhitungan data *drive test* untuk parameter lainnya sama. Dari kesemua diagram alir berdasarkan parameter yang digunakan, maka dapat dibuatkan program simulasinya dengan tampilan seperti yang ditunjukkan gambar 3.2.



Gambar 3.2 Tampilan program simulasi perhitungan data *drive test* RF CDMA2000 1X

3.2 Sistem Kerja Drive Test

Sistem kerja *drive test* ini dapat digambarkan dengan alur seperti pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Sistem Kerja Drive Test RF CDMA 2000

1X

dimana

- A : Laptop terhubung dengan GPS, HP menggunakan kabel data
- B : Aktifkan *software* HASP Emulator, kemudian *software* TEMS Investigation CDMA 2.4 pada laptop.
- C : *Setting* parameter RF yang terdiri dari Pilot_Co, Handoff, Ec/Io, RxPo, TxPo, FFER, TxGA.
- D : Tentukan rute perjalanan dan proses *drive test* dimulai.
- E : *Recording* data dan kemudian *save* data dalam format *Log File*

3.3 Perangkat Drive Test

GPS (Global Positioning System)

Global Positioning System merupakan sistem radio navigasi dan penentuan posisi dengan menggunakan satelit. Sistem ini didesain untuk memberikan posisi dan kecepatan tiga dimensi dan informasi mengenai waktu secara kontinyu.

Laptop dan Kabel Data

Laptop yang digunakan sebelumnya harus telah diinstal *software* untuk *drive test* seperti TEMS, NEMO dan sebagainya. Pada penelitian ini menggunakan *software* TEMS. Sedang untuk menghubungkan laptop dengan perangkat lain yang dibutuhkan dalam *drive test* menggunakan kabel data. Kabel data yang digunakan menyesuaikan dengan perangkat yang digunakan.

HP

Penggunaan HP disesuaikan dengan *software drive test* yang dipakai. Untuk *software* NEMO, HP yang digunakan bermerk Nokia tipe

N95, N80, 6680, dan sebagainya. Sedang pada *drive test* yang menggunakan *software* TEMS, umumnya memakai HP merk Motorola dan tipe-tipe tertentu seperti SE K800i, T610, R520 dan sebagainya. Dan memang pada proses *drive test* CDMA 2000 1x pada penelitian ini menggunakan HP Motorola.

HASP Emulator

HASP Emulator merupakan *software* yang harus diinstal terlebih dahulu sebelum menginstal TEMS Investigation ke laptop. Apabila HASP Emulator belum terinstal, sedangkan TEMS Investigation telah terinstal, proses *drive test* belum bisa dijalankan.

TEMS Investigation

TEMS Investigation merupakan *software* utama dalam proses *drive test* CDMA2000 1x. *Software* ini harus terinstal ke laptop sebelum melakukan *drive test*.

Actix Software

Actix *software* digunakan untuk membuka data hasil *drive test* TEMS kemudian melakukan *export* data ke file Map Info. Data *export* ini berekstensi (.tab) yang dapat diproses melalui Map Info.

Map Info

Map Info merupakan salah satu perangkat lunak yang dapat digunakan dalam SIG (Sistem Informasi Geografis). Map Info yang digunakan pada tugas akhir ini adalah Map Info Profesional seri 7.0 yang mendukung proses penganalisisan kualitas panggilan CDMA 2000 1x.

3.4 Pengambilan Data Log File Drive Test TEMS

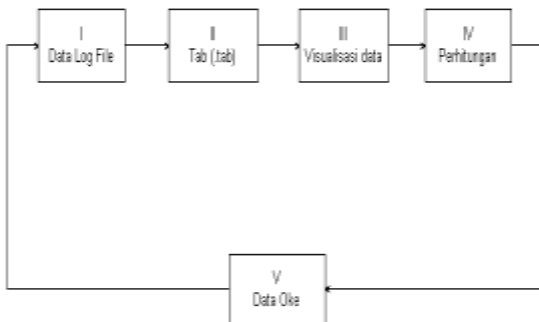
Drive test ini dilaksanakan pada hari senin, 4 april 2011, pukul 10.00 WIB. Rute *drive test* dari Kantor Telkom Flexi Divrei IV Jalan Pahlawan- Jalan Menteri Supeno – Jl Dr Sutomo – Museum – Tugu Muda – Lawang Sewu – Jl Pandanaran- Jl Gajah Mada- Jl K.H Ahmad Dahlan – Jl MT Haryono – Jl Brigjend Katamso – Taman Budaya Raden Saleh – Kantor Divrei Telkom Fleksi. Pemilihan rute ini dengan tujuan untuk mengetahui kondisi RF CDMA2000 1X pada jantung kota Semarang. Kota Semarang termasuk kategori area urban. Sementara pemilihan waktu hari senin dan pukul 10.00 WIB juga untuk mengetahui kondisi RF di rentangan waktu tersibuk di kota Semarang.

Tampilan awal TEMS Investigation CDMA 2.4 adalah sebagai berikut:



Gambar 3.4 Tampilan awal TEMS Investigation CDMA 2.4

Proses pengolahan data *drive test* berlangsung seperti yang ditunjukkan oleh gambar 3.5.



Gambar 3.5 Diagram Pengolahan Data hasil *drive test* CDMA2000 1X

dimana

- I Data log file *drive test*
- II Atur data dan *save* ke dalam format Tab (.tab) menggunakan program Actix.
- III Visualisasikan data *drive test* menggunakan software MapInfo Profesional 7.0
- IV Tentukan banyak titik, nilai rata-rata dan keputusan menggunakan program C#
- V Data siap dianalisis dan selesai.

IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1.1 Pengaturan Legend Value

Nilai *legend value* setiap parameter perlu diatur berdasarkan *legend value* standar telekomunikasi. Ada 7 parameter yang harus diatur pada MapInfo, yakni Pilot Coverage, Handoff, EcIo, Rx Power, Tx Power, FFER, dan TxGA. Tujuan pengaturan ini adalah untuk mengetahui secara visualisasi rute/spot yang ideal

dan tidak ideal. *legend value* standar telekomunikasi Telkom Flexi, dapat kita lihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Legend value standar telekomunikasi

No	Parameter	Ideal	Tidak Ideal
1	Pilot_Co (chips)	SRCH_WIN_(A,N,R) $(0) \leq x < (50)$	SRCH_WIN_(A,N,R) $(-50) \leq x < (0)$ $(50) \leq x < (100)$
2	Handoff (dB)	T_A : $(-15) \leq x < (-13)$ T_D : $(-18) \leq x < (-16)$	T_A : $(-13) \leq x < (-10)$ T_D : $(-20) \leq x < (-18)$
3	Ec/Io (dB)	$(-13) \leq x < (0)$	$(-25) \leq x < (-13)$
4	Rx_Po (dBm)	$(-100) \leq x < (-30)$	$(-110) \leq x < (-100)$
5	Tx_Po (dBm)	$(-50) \leq x < (10)$	$(-100) \leq x < (-50)$ $(10) \leq x < (30)$
6	FFER (%)	$0 \leq x < 5$	$5 \leq x < 100$
7	TxGA (dB)	$(-20) \leq x < (10)$	$(-60) \leq x < (-20)$ $(10) \leq x < (25)$

Berdasarkan tabel 4.1 dapat diketahui kondisi rute *drive test* yang ideal dan yang tidak ideal. Dari tabel 4.1 pula dapat dilihat 2 parameter bermasalah yakni Pilot Coverage, dan Transmitter Gain of Adjust (TxGA).

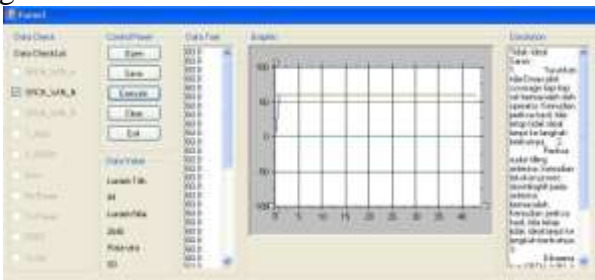
Hasil keseluruhan *drive test* berdasarkan parameter Pilot Coverage oleh SRCH_WIN_N dapat ditampilkan dengan menggunakan MapInfo, seperti yang dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Hasil keseluruhan *drive test* berdasarkan parameter Pilot Coverage oleh SRCH_WIN_N

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa rute *drive test* berdasarkan parameter Pilot Coverage oleh SRCH_WIN_N adalah berwarna merah. Ini pertanda bahwa kondisi pilot coverage berdasarkan SRCH_WIN_N adalah tidak ideal. Artinya, pilot Neighbor set tidak bekerja dengan baik sepanjang rute *drive test* yang dilewati. Hal ini diperkuat oleh hasil simulasi perhitungan yang telah

dilakukan, seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Hasil simulasi perhitungan data *drive test* berdasarkan parameter SRCH_WIN_N

Gambar 4.2 di atas menunjukkan terdapat 44 titik SRCH_WIN_N dengan jumlah nilai 2640, dengan nilai rata-rata 60, sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa Kondisi *Pilot Coverage* (*Pilot_Co*) berdasarkan SRCH_WIN_N adalah tidak ideal.

Dengan cara yang sama dapat diketahui bahwa terdapat 44 titik SRCH_WIN_R dengan jumlah nilai 3520, dengan nilai rata-rata 80, sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa Kondisi *Pilot Coverage* (*Pilot_Co*) berdasarkan SRCH_WIN_N adalah tidak ideal. Untuk TxGA, terdapat 2052 titik dengan jumlah nilai -51754.8, dengan nilai rata-rata -25,221, sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa Kondisi RF CDMA2000 1X berdasarkan TxGA adalah tidak ideal. Dari ketujuh parameter yang dianalisis dapat disimpulkan bahwa kondisi rute *drive test* secara keseluruhan adalah *forward* (*Interferensi Kanal Maju*). Hal ini dapat dilihat pada tabel 4.2, tabel 4.3, dan tabel 4.4 di bagian lampiran.

Spot 1

Pada spot 1 hanya ditampilkan 1 gambar saja untuk mewakili 9 gambar lainnya, seperti yang ditunjukkan gambar 4.3.



Gambar 4.3 Area pada spot 1

Berdasarkan hasil simulasi perhitungan pada spot 1 di dapat kondisi RF CDMA2000 1X, seperti yang ditunjukkan oleh tabel 4.5.

Tabel 4.5. Kondisi RF CDMA2000 1X pada spot 1 berdasarkan hasil simulasi perhitungan.

Parameter	Nilai Rata-Rata	Hasil
<i>Pilot Coverage</i> (chip)		
- SRCH_WIN_A	26,1538	Ideal
- SRCH_WIN_N	60	Tidak Ideal
- SRCH_WIN_R	80	Tidak Ideal
<i>Handoff</i> (dB)		
- T_ADD	-14	Ideal
- T_DROP	-16,666	Ideal
<i>Ec/Io</i> (dB)	-7,2876	Ideal
<i>Rx_Power</i> (dBm)	-70,519	Ideal
<i>Tx_Power</i> (dBm)	-25,8366	Ideal
FFER (%)	1,0159	Ideal
<i>TxGA</i> (dB)	-22,4489	Tidak Ideal

Berdasarkan tabel 4.5 dapat disimpulkan bahwa Kondisi RF pada spot 1 adalah *forward*.

Spot 2

Pada spot 2 hanya ditampilkan 1 gambar saja untuk mewakili 9 gambar lainnya, seperti yang ditunjukkan gambar 4.4.



Gambar 4.4 Area pada spot 2

Berdasarkan hasil simulasi perhitungan pada spot 1 di dapat kondisi RF CDMA2000 1X, seperti yang ditunjukkan oleh tabel 4.6.

Tabel 4.6 Kondisi RF CDMA2000 1X pada spot 1 berdasarkan hasil simulasi perhitungan.

Parameter	Nilai Rata-Rata	Hasil
<i>Pilot Coverage</i> (chip)		
- SRCH_WIN_A	22,666	Ideal
- SRCH_WIN_N	60	Tidak Ideal
- SRCH_WIN_R	80	Tidak Ideal
<i>Handoff</i> (dB)		
- T_ADD	-14	Ideal
- T_DROP	-17,2	Ideal
<i>Ec/Io</i> (dB)	-7,228	Ideal
<i>Rx_Power</i> (dBm)	-70,357	Ideal
<i>Tx_Power</i> (dBm)	-32,539	Ideal

FFER (%)	1,088	Ideal
TxGA (dB)	-27,369	Tidak Ideal

Berdasarkan tabel 4.6 dapat disimpulkan bahwa Kondisi RF CDMA2000 1X pada spot 2 adalah *forward*.

Spot 3

Pada spot 3 hanya ditampilkan 1 gambar saja untuk mewakili 9 gambar lainnya, seperti yang ditunjukkan gambar 4.5.



Gambar 4.5 Area pada spot 3

Berdasarkan hasil simulasi perhitungan pada spot 1 di dapat kondisi RF CDMA2000 1X, seperti yang ditunjukkan oleh tabel 4.7.

Tabel 4.7 Kondisi RF CDMA2000 1X pada spot 3 berdasarkan hasil simulasi perhitungan

Parameter	Nilai Rata-Rata	Hasil
Pilot Coverage (chip)		
- SRCH_WIN_A	22	Ideal
- SRCH_WIN_N	60	Tidak Ideal
- SRCH_WIN_R	80	Tidak Ideal
Handoff (dB)		
- T_ADD	-14,5	Ideal
- T_DROP	-17	Ideal
Ec/Io (dB)	-7,481	Ideal
Rx_Power (dBm)	-76,776	Ideal
Tx_Power (dBm)	-32,282	Ideal
FFER (%)	1,031	Ideal
TxGA (dB)	-32,643	Tidak Ideal

Berdasarkan tabel 4.6 dapat disimpulkan bahwa Kondisi RF CDMA2000 1X pada spot 3 adalah *forward*.

Mencermati permasalahan yang ditemukan pada spot 1, spot 2, dan spot 3 dapat disimpulkan bahwa setiap spot memiliki masalah pada parameter yang sama yaitu Pilot Coverage (SRCH_WIN_N, SRCH_WIN_R), dan Transmitter Gain of Adjust (TxGA). Dan,

memiliki keputusan yang sama yakni *FORWARD* (Interferensi Kanal Maju). Oleh karena itu, diperlukan solusi tepat dalam mengatasi permasalahan yang berhubungan dengan parameter tersebut. Solusi ini diterapkan untuk ketiga spot bermasalah.

Solusi untuk Pilot Coverage (Pilot_Co)

Pada *search windows*, kondisi ideal pilot coverage berada pada *legend value* (0) $=< x < (50)$ chip. Berdasarkan *legend value* ini SRCH_WIN_N nilainya melebihi 10 chip dari kondisi ideal, sementara SRCH_WIN_R melebihi 30 chip dari kondisi ideal. Artinya *search windows* mendeteksi kesalahan pada pilot coverage. Kesalahan yang dimaksud adalah tidak berimbangannya antara coverage yang disetting oleh operator dengan kemampuan sinyal pilot yang tersebar. Jangkauan yang disetting jauh lebih besar dibanding kemampuan sinyal pilot yang ada. Hal ini mengakibatkan pilot coverage dalam kondisi tidak ideal.

Untuk mengatasi permasalahan pada pilot coverage di atas, untuk setiap pilot (pilot 1, pilot 2, pilot 3 karena nilai tiap pilot bermasalah adalah sama) maka D_{max} perlu diturunkan dari 9,33Km menjadi 5,542Km, dan 6,80Km menjadi 5,542Km. Hal ini berdasarkan perhitungan berikut ini :

$$SRCH_WIN_N = \frac{2D_{max} / V_c + (\tau_d)_{max}}{T_{chip}}$$

$$50 = \frac{2D_{max} / 186.000 + 5.10^{-6}}{813,810^{-9}}$$

$$D_{max} = 3,319 \text{ mil}$$

$$= 5,542 \text{ Km}$$

Perhitungan untuk menentukan nilai SRCH_WIN_R sama dengan rumus SRCH_WIN_N. Berdasarkan perhitungan di atas, dapat dibuatkan tabel nilai D_{max} yang dapat dijadikan panduan dalam pemberian solusi pada pilot coverage, seperti yang ditunjukkan oleh tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hubungan imbang antara nilai SRCH_WIN_N/R dari hasil *drive test* dengan D_{maks}

D_{maks} (mil)	D_{maks} (Km)	SRCH_WIN_N / R (Chip)
1	1,67	19,356
2	3,34	32,569
3	5,01	45,782
3,319	5,542	50
4	6,68	58,995
4,076	6,80	60
5	8,35	72,208
5,589	9,33	80
6	10,02	85,421
7	11,69	98,634
8	13,36	111,847
9	15,03	125,06
10	16,7	138,273

Solusi untuk TxGA

Berdasarkan hasil simulasi perhitungan diketahui bahwa ada 2052 titik, dengan jumlah nilai -51754,8, dengan nilai rata-rata -25,221, dengan kondisi keputusan tidak ideal. Hal ini disebabkan oleh daya yang diterima oleh MS terlalu rendah. Sehingga, untuk mengatasi hal ini, maka daya yang dipancarkan (TxPo) harus dinaikan pada setiap spot. Untuk spot 1 daya yang dipancarkan (TxPo) harus dinaikan dari -25,837 dBm menjadi -24,929 dBm. Hal ini berdasarkan perhitungan berikut ini :

$$\begin{aligned} \text{TxPo} &= -(\text{RxPo}) - C + \text{TxGA}, \text{ dengan } C = + 73 \text{ dB} \\ &= -(-70,519) - 73 + (-22,449) \end{aligned}$$

$$\text{TxPo} = -24,929 \text{ dBm}$$

Untuk spot 2 daya yang dipancarkan (TxPo) harus dinaikan dari -32,539 dBm menjadi -30,012 dBm. Hal ini berdasarkan perhitungan berikut ini :

$$\begin{aligned} \text{TxPo} &= -(\text{RxPo}) - C + \text{TxGA}, \text{ dengan } C = + 73 \text{ dB} \\ &= -(-70,357) - 73 + (-27,369) \end{aligned}$$

$$\text{TxPo} = -30,012 \text{ dBm}$$

Untuk spot 3 daya yang dipancarkan (TxPo) harus dinaikan dari -32,282 dBm menjadi -28,867 dBm. Hal ini berdasarkan perhitungan berikut ini :

$$\begin{aligned} \text{TxPo} &= -(\text{RxPo}) - C + \text{TxGA}, \text{ dengan } C = + 73 \text{ dB} \\ &= -(-76,776) - 73 + (-32,643) \end{aligned}$$

$$\text{TxPo} = -28,867 \text{ dBm}$$

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil *drive test* RF CDMA2000 1X terdapat 5 parameter dalam kondisi ideal yakni *handoff*, *EcIo*, *RxPower*, *TxPower*, dan *FFER*. Sementara terdapat 2 parameter bermasalah yakni *Pilot coverage*, dan *TxGA*.
2. Keseluruhan rute *drive test* sebagian besar berada pada kondisi *good*. Akan tetapi, masih ada beberapa *spot* yang berada pada kondisi tidak ideal.
3. Spot 1, spot 2, dan spot 3 berada pada kondisi yang sama yakni *Forward* (Interferensi Kanal Maju). Hal ini disebabkan oleh D_{maks} (Jarak Maksimum Jangkauan) yang tidak berimbang dengan pilot *spreading*, serta daya pancar (TxPo) yang rendah. 'D_{maks} yang tidak berimbang' yang dimaksud adalah nilai D_{maks} yang diseting operator melebihi kemampuan pilot *spreading* secara merata. Salah satu contoh D_{maks} yang berimbang dengan pilot *spreading* adalah $D_{maks} = 3$ mil dengan *Pilot_Co* = 45,782. Lebih lengkap ditunjukkan oleh tabel 4.24.
4. Permasalahan pada spot 1, 2, dan 3 dapat diatasi dengan menurunkan nilai D_{maks} oleh operator pada setiap sel BTS, dan menaikkan nilai TxPo pada setiap spot dengan angka yang sesuai dengan hasil perhitungan. Nilai TxPo perlu dinaikan karena pada simulasi TxGA diketahui bahwa daya yang diterima oleh MS adalah rendah.
5. Pada spot 1, D_{max} perlu diturunkan dari 9,33Km menjadi 5,542Km, dan 6,80Km menjadi 5,542Km. Selanjutnya, daya yang dipancarkan (TxPo) harus dinaikan dari -25,837 dBm menjadi -24,929 dBm.
6. Pada spot 2, D_{max} perlu diturunkan sebesar D_{max} pada spot 1. Kemudian, daya yang dipancarkan (TxPo) harus dinaikan dari -32,539 dBm menjadi -30,012 dBm.
7. Pada spot 3, D_{max} perlu diturunkan sebesar D_{max} pada spot 2. Kemudian, daya yang dipancarkan (TxPo) harus dinaikan dari -32,282 dBm menjadi -28,867 dBm.

5.2 Saran

Beberapa saran yang bisa menjadi masukan untuk penelitian lebih lanjut antara lain :

1. Menggunakan perangkat *drive test* CDMA 2000 1x yang lain seperti Agilent E6474A.
2. Pengambilan data *drive test* sebaiknya dilakukan selama beberapa hari untuk memperoleh data yang lebih akurat.
3. Menggunakan Actix Software Analyzer tidak hanya dalam mengolah data *drive test* tapi sekaligus menganalisis data tersebut, bila memungkinkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Clint Smith, Daniel Collins, "3G Wireless Networks". New York : McGraw- Hill, 2002
- [2] Susanto, Herry, *Optimisasi Radio Frequency pada System CDMA2000 1X*, Skripsi Jurusan Teknik Elektro ITB, Bandung.
- [3] Ahmadi, Hazim, *Analisis Performansi Jaringan CDMA*, R & D Center PT TELKOM
- [4] Dokumen 3GPP2 : C.S0010-A, Recommended Minimum Performance Standards for CDMA2000 Spread Spectrum Base Stations.
- [5] Vijay K Garg. "Wireless Network Evolution". New Jersey : Prentice Hall PTR, 2002
- [6] Indirawati, Veronika, Miftadi Sudjai, Ir., MSc., Nachwan Mufti A., St, *CDMA2000 1x Network Planning*, Skripsi Jurusan Teknik Elektro STT Telkom, Bandung, 2004
- [7] Putra, Deni Ade, *Network Optimization pada Sistem CDMA 2000 1x*, Laporan Kerja Praktek. 2008.
- [8] Telkom, Huawei, *SLA Baseline Network Optimization Report(Divre IV)*, 2009.
- [9] Aruka, *Global Positioning System* , <http://Xhine/showArticle.jhtml.htm>., diakses Februari 2011.
- [10] Rudyanto, *Basic Course of CDMA RF Optimization by Using Actix Analyzer*, 2008.
- [11] Computer, Citra Media. *Map Info Profesional*. Juli 2008.
- [12] Anto, Agung Supri, *Analisis Kualitas Panggilan CDMA 2000 1x Menggunakan TEMS*, Skripsi Jurusan Teknik Elektro Undip, Semarang.

[13] Telkom, Materi Pelatihan, *Teknologi CDMA*, Training Center Area Semarang, 2009.

[14] Trisanti, Nurul, *analisis kualitas layanan paket data sistem CDMA2000 1X berdasarkan data drop call dan data drive test*, Skripsi Jurusan Teknik Elektro Undip, Semarang.

Ali Margosim (L2F 005 508)



Lahir pada 14 Juli 1986 di Nagari Taratak, Kecamatan Sutera, Pesisir Selatan, Sumatera Barat. Pada saat ini tengah menyelesaikan pendidikan S-1 Teknik Elektro FT Universitas Diponegoro Semarang.

Mengetahui dan mengesahkan,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Imam Santoso, S.T., M.T.

Ajub Ajulian A, ST.M.T.

NIP.197012031997021001

NIP.197309262000121001

Tanggal: _____

Tanggal: _____