

# Pengaruh *Pilot Pollution* terhadap Performansi Jaringan CDMA 2000-1X

**Budihardja Murtianta**

Program Studi Teknik Elektro,  
Fakultas Teknik Elektronika dan Komputer,  
Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga.  
budihardja@yahoo.com

## Ringkasan

*Coverage* (cakupan) dan interferensi adalah unsur yang sangat penting dan memegang peranan dalam sistem seluler. Cakupan dapat ditambah atau diperluas dengan meningkatkan daya sinyal yang dipancarkan. Interferensi dapat dikurangi dengan memperkecil daya sinyal yang dipancarkan. Makin besar daya pemancar akan menyebabkan makin besar interferensi yang terjadi dalam sistem seluler tersebut dan sebaliknya. *Pilot pollution* terjadi ketika sinyal pilot dari banyak BTS dipancarkan ke area tertentu. Fenomena ini akan menambah level interferensi yang terjadi dan memperumit proses *handoff* karena MS (*Mobile Station*) mengalami kesulitan dalam menentukan BTS (*Base Transceiver Station*) mana yang mengontrol proses pemanggilan di area tersebut. Oleh karena itu untuk mengoptimasi jaringan CDMA perlu dilakukan minimalisasi jumlah sinyal pilot yang dipancarkan BTS – BTS. Dari *drive test* yang telah dilakukan, terdapat beberapa titik/wilayah yang mengalami *pilot pollution*. Daerah yang mengalami *pilot pollution* dimana dilakukan penelitian disebut aja daerah *sample*. Dari sini perlu dipikirkan solusi untuk memecahkan masalah tersebut. Beberapa cara yang dianggap paling cocok untuk dijadikan solusi terhadap masalah *pilot pollution* ini adalah pengaturan area cakupan dengan cara mengubah *tilt* antena BTS yang ada serta pengaturan nilai *threshold*, sehingga proses komunikasi berjalan lancar. Dengan perubahan ini, maka level interferensi sinyal pilot dapat diturunkan dan level kegagalan *handoff* yang menyebabkan *drop call* dapat diminimalkan.

**Kata kunci:** *Coverage, handoff, pilot pollution, interferensi.*

## 1. Pendahuluan

CDMA (*Code Division Multiple Access*) merupakan salah satu teknologi sistem seluler generasi kedua (2G) yang kini sedang berkembang. CDMA menggunakan teknologi akses jamak/*multiple access* yang membedakan satu pengguna dengan pengguna lainnya menggunakan kode-kode khusus dalam lebar pita frekuensi yang ditentukan.

Setiap pengguna memiliki mobilitas yang tinggi dan ada kemungkinan pengguna bergerak dari satu sel menuju ke sel lain. Dalam jaringan komunikasi seluler, tiap sel memiliki daerah cakupan dan masing-masing sel mempunyai BTS sebagai pengirim dan MS sebagai penerima isyarat. Ketika MS sedang melakukan panggilan dan melintasi area sel, maka diperlukan hubungan dengan BTS untuk mendapatkan kualitas hubungan yang baik. Sinyal yang dijadikan acuan oleh MS untuk mengenali dan membedakan identitas dari masing-masing BTS adalah sinyal pilot.

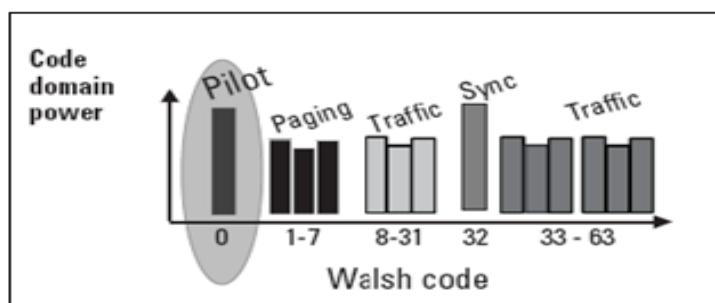
Saat MS melewati daerah perkotaan dimana terdapat banyak BTS yang letaknya berdekatan, sinyal pilot yang dipancarkan oleh BTS yang muncul juga banyak. Hal ini tersebut akan menjadi masalah jika tiap-tiap BTS tidak ada yang dominan daya pancar pilot dan akan menyebabkan terjadinya *pilot pollution*.

*Pilot pollution* adalah suatu kondisi yang disebabkan oleh munculnya 3 atau lebih sinyal pilot dengan daya yang hampir sama pada suatu daerah dan tidak adanya daya yang dominan untuk melayani MS, sehingga MS akan kesulitan dalam menentukan BTS mana yang akan melayani proses pemanggilan. Semakin banyak sinyal pilot yang diterima oleh MS akan meningkatkan interferensi pada arah *down-link*. Dengan menangkap sinyal pilot yang tidak dibutuhkan akan mengurangi  $E_c/I_0$ , sehingga akan mengurangi kualitas isyarat dari jaringan.

Pada tulisan ini akan dianalisa penyebab terjadinya *pilot pollution* pada jaringan CDMA 2000-1x dan pengaruh dari *pilot pollution* serta cara mengatasinya.

## 2. CDMA 2000 1x

CDMA (*Code Division Multiple Access*) adalah teknologi berbasis spektrum tersebar. Spektrum tersebar ini mempunyai arti bahwa sinyal yang dikirimkan menduduki lebar pita frekuensi yang jauh lebih lebar daripada spektrum minimal yang dibutuhkan untuk mengirimkan suatu informasi. CDMA merupakan teknologi akses jamak yang memungkinkan semua pengguna menggunakan frekuensi yang sama pada waktu yang sama pula, sehingga untuk membedakan tiap *user* dengan *user* lainnya menggunakan kode-kode unik dan hanya *receiver* yang mengetahui kode tersebut yang bisa mendekodekan isyarat terima untuk diambil datanya. CDMA menggunakan kode *Walsh* yang bisa dibangkitkan oleh pengirim dan penerima. Kode *Walsh* adalah kode *orthogonal* yang digunakan untuk memisahkan kanal-kanal pada sistem CDMA, sebagaimana ditunjukkan Gambar 1. Kode *Walsh* ini menebar sinyal sepanjang lebar pita 1.25 Mhz. Hampir seluruh kode *Walsh* digunakan untuk kanal trafik suara, kode yang lain digunakan untuk kanal pilot, kanal *paging* dan kanal sinkronisasi.

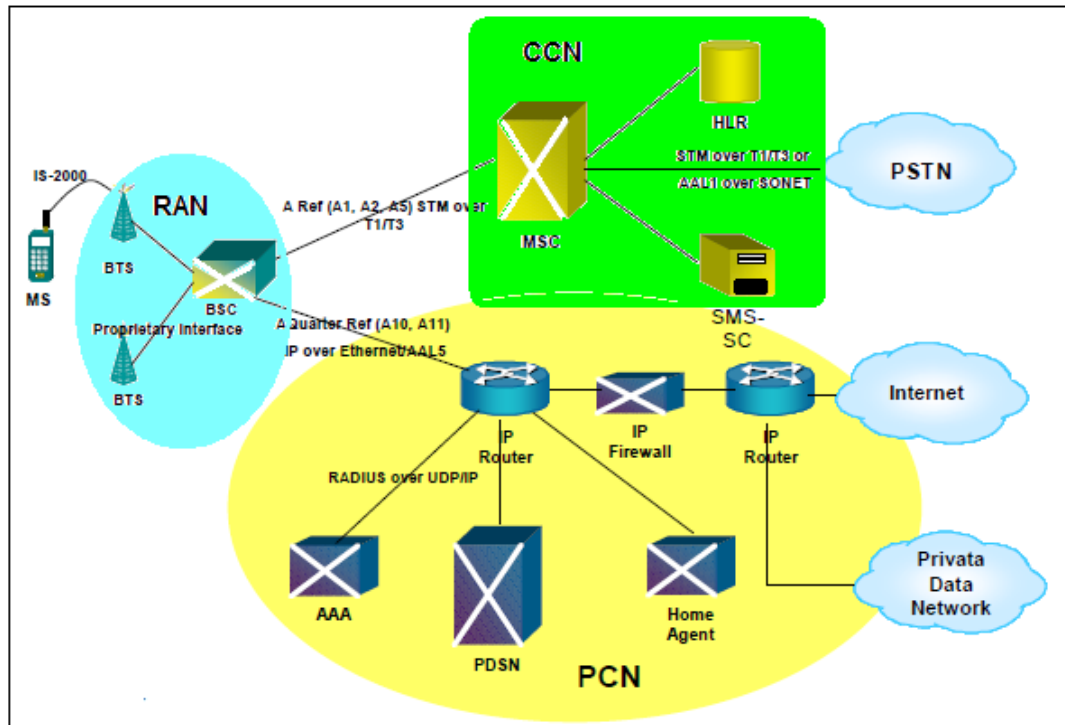


Gambar 1. Kode *Walsh*.

Kode *Walsh* 0 digunakan untuk kanal pilot. Kanal pilot ditransmisikan setiap saat secara kontinyu oleh BTS pada kanal *forward* yang aktif. Kanal pilot digunakan oleh MS untuk sinkronisasi awal dan mengukur kuat sinyal dalam mendukung proses *handover*. Kode *Walsh* 1 sampai 7 digunakan untuk kanal *paging* yang digunakan untuk mengirimkan pesan-pesan berupa informasi parameter sistem, kapasitas kanal, dan *neighbor list* yang ditujukan pada MS. Kode *Walsh* 32 digunakan untuk kanal sinkronisasi yang digunakan oleh MS untuk mendapatkan informasi waktu sinkronisasi sistem, level

daya sinyal pilot, dan informasi mengenai identitas sel. Kode Walsh 8 sampai 31 dan 33 sampai 63 digunakan untuk kanal trafik yang digunakan untuk pengiriman informasi *user* dan informasi *signalling* ke MS selama panggilan. Kode Walsh yang telah dialokasikan untuk MS dalam suatu sektor tidak dapat digunakan oleh MS lain di dalam sektor tersebut selama berlangsungnya panggilan. Tetapi kode Walsh dapat digunakan di sektor yang lain asal berbeda PN *offset* nya.

## 2.1. Arsitektur Jaringan CDMA 2000-1X



Gambar 2. Arsitektur jaringan CDMA 2000-1X

Skema arsitektur jaringan CDMA 2000-1X yang terlihat pada Gambar 2 terdiri dari:

1. *Mobile Station (MS)*  
MS merupakan perangkat CDMA yang berada di sisi pengguna atau pelanggan yang berfungsi sebagai *transceiver* (pengirim dan penerima sinyal) untuk berkomunikasi.
2. *Radio Access Network (RAN)*  
RAN adalah perangkat yang menyediakan interkoneksi antara MS dengan *core network*. RAN terdiri dari beberapa perangkat, yaitu :
  - a. *Base Transceiver Station (BTS)*  
BTS terdiri dari perangkat radio yang digunakan untuk mengirimkan dan menerima sinyal CDMA berfungsi sebagai antarmuka yang menghubungkan jaringan CDMA 2000-1x dengan perangkat pelanggan.
  - b. *Base Station Controller (BSC)*  
BSC adalah perangkat yang berfungsi untuk mengontrol semua BTS yang berada di dalam daerah cakupannya, mengatur rute paket data dari BTS ke PDSN atau sebaliknya, serta mengatur trafik dari BTS ke MSC atau sebaliknya.

3. *Circuit Core Network (CCN)*

CCN merupakan perangkat yang berfungsi menyediakan layanan menggunakan *circuit switch* untuk PSTN (*Public Switching Telephone Network*) CCN merupakan *interface* antara PSTN dengan sistem *wireless*. CCN terdiri dari beberapa komponen berikut:

a. *Mobile Switching Center (MSC)*

MSC merupakan suatu sistem otomatis yang menyediakan fungsi *switching* trafik antara MS dari jaringan *wireless* dengan jaringan PSTN atau dengan jaringan *wireless* lain.

b. *Home Location Register (HLR)*

HLR merupakan tempat yang berisi informasi data pelanggan. Data tersebut antara lain layanan pelanggan, layanan tambahan serta informasi mengenai lokasi pelanggan yang paling akhir. Ketika seseorang menjadi pelanggan dari suatu operator maka dia terdaftar di HLR operator tersebut.

c. *Visitor Location Register (VLR)*

VLR merupakan perangkat yang secara temporari menyimpan dan mengontrol semua informasi dari MS, yang berada pada area kontrol. Ketika melakukan panggilan, maka VLR mengirimkan semua informasi yang berhubungan dari MSC.

d. *Short Message Service Center (SMSC)*

SMSC adalah perangkat yang berfungsi untuk penyampaian, penyimpanan dan pengajuan suatu pesan singkat.

4. *Packet Core Network (PCN)*

PCN merupakan perangkat yang digunakan untuk mendukung layanan paket data. PCN terdiri dari beberapa komponen, yaitu:

a. *Router*

*Router* adalah perangkat yang berfungsi untuk merutekan paket data dari dan ke berbagai elemen jaringan yang terdapat pada jaringan CDMA 2000-1x.

b. *Fire Wall*

*Fire wall* adalah perangkat yang berfungsi untuk mengamankan jaringan terhadap akses dari luar.

c. *Home Agent*

*Home agent* adalah perangkat yang berfungsi untuk menelusuri lokasi MS sekaligus mengecek apakah paket data telah diteruskan ke MS tersebut.

d. *Packet Data Serving Network (PDSN)*

PDSN merupakan komponen baru yang terdapat dalam sistem seluler berbasis CDMA 2000-1x yang berfungsi untuk membentuk, memelihara dan memutuskan sesi PPP (*Point to Point Protocol*) dengan pelanggan.

e. *Authentication, Authorization and Accounting (AAA)*

AAA merupakan perangkat yang menyediakan fungsi autentikasi berkaitan dengan PPP dan hubungan mobile IP. Melakukan otorisasi yaitu layanan profil dan kunci keamanan distribusi dan manajemen dan akunting untuk jaringan paket data.

## 2.2. Sinyal Pilot

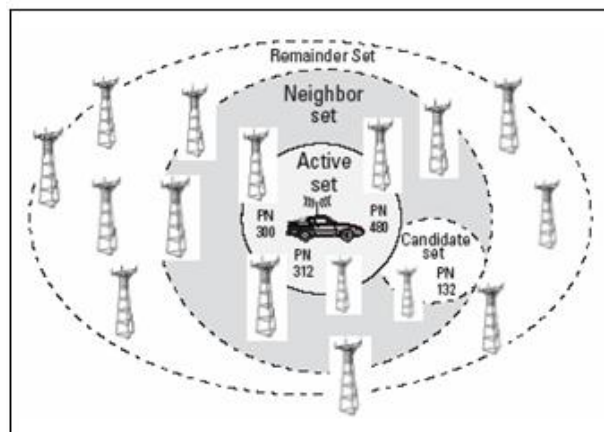
Sinyal pilot adalah sinyal yang dikirimkan oleh tiap-tiap BTS agar MS dapat mengenali dan mengidentifikasi BTS-BTS terdekat yang melayani MS tersebut. MS

senantiasa memantau kekuatan sinyal pilot dan melaporkan kembali kekuatan sinyal pilot yang diterima kepada BTS. Sinyal pilot diidentifikasi oleh *pilot offset* untuk membedakan sinyal pilot dari BTS lain. Proses pencarian sinyal pilot dijelaskan sebagai berikut :

1. MS akan mencari pilot yang kosong / tidak melayani *user*.
2. MS akan melaporkan level daya pilot yang terdeteksi dengan menggunakan *Pilot Strength Measurement Message* (PSMM).
3. Daya pilot pertama yang terdeteksi dilaporkan ke jaringan dalam bentuk *chip*.
4. Jaringan harus mampu mendefinisikan secara unik sektor mana yang menyediakan daya pilot yang terdeteksi tersebut.
5. Jadi MS akan melaporkan daya pilot yang dideteksinya, sedangkan jaringan akan mengidentifikasi sektor darimana daya pilot itu berasal..

### 2.2.1. Pilot set

Sebuah kanal pilot diidentifikasi oleh sebuah *pilot offset* dan sebuah pengalokasian frekuensi. Semua sinyal pilot dalam sebuah *pilot set* mempunyai pengalokasian frekuensi CDMA yang sama. Sinyal pilot tersebut diidentifikasi oleh MS dan dibagi menjadi empat kategori seperti yang terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Kumpulan pilot aktif, kandidat, *neighbor*, *remainder*.

1. *Active set*  
*Active set* adalah kumpulan pilot dari beberapa sel atau sektor yang secara aktif berkomunikasi dengan MS pada kanal trafik. Jumlah sinyal pilot maksimum dalam *active set* adalah 6.
2. *Candidate set*  
*Candidate set* adalah kumpulan pilot yang tidak ada pada *active set*. Pilot-pilot ini menunjukkan bahwa BTS sedang dalam proses transisi dari aktif menjadi non-aktif atau sebaliknya, tergantung dari harga  $E_c/I_0$  nya melebihi atau dibawah *threshold*. Jika kuat sinyal jatuh di bawah  $T_{TDROP}$  selama lebih dari  $T_{TDROP}$ , maka pilot tersebut akan dipin-dahkan ke posisi *neighbor set*. Jumlah maksimum sinyal pilot pada *candidate set* adalah 5.
3. *Neighbor set*  
*Neighbor set* berisi pilot-pilot tetangga dari sel yang sedang aktif melayani MS tetapi diluar *active set* dan *candidate set*. Jumlah maksimum pilot untuk dijadikan *neighbor list* adalah 40.

4. *Remaining set*

*Remaining set* adalah kumpulan semua pilot yang memungkinkan ada dalam sistem kecuali pilot-pilot pada *active set*, *candidate set* dan *neighbor set*.

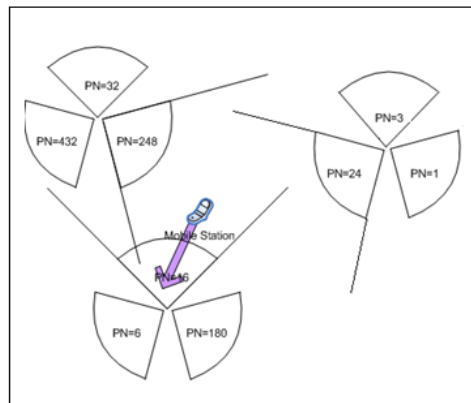
2.2.2.  $E_c/I_0$

Sinyal pilot diukur dalam unit  $E_c/I_0$ .  $E_c/I_0$  adalah perbandingan yang menunjukkan daya terima kanal pilot terhadap seluruh daya terima pada suatu BTS tertentu. Nilai  $I_0$  dapat meningkat bila semakin banyak pengguna yang memakai kanal pada 1 BTS atau bisa meningkat jika lebih dari 3 sel yang menangani 1 panggilan. Bila  $I_0$  meningkat maka nilai  $E_c$  harus ditingkatkan dengan cara menambah *power transmit* pada MS. Selain itu bisa dengan membatasi jumlah *user* dan mengurangi daya pancar ketika tidak ada pembicaraan.

2.3. Pilot Pollution

Gangguan *pilot pollution* akan muncul dalam jaringan spektrum tersebar karena pada dasarnya, dalam teknologi spektrum tersebar setiap sektor di dalam sel menggunakan frekuensi yang sama. Saat melewati daerah perkotaan dimana terdapat banyak BTS yang berdekatan, MS akan kesulitan dalam menentukan BTS mana yang akan mengontrol proses pemanggilan karena sinyal pilot yang muncul bisa lebih dari 3 sebagaimana ditunjukkan Gambar 4. Hal ini menjadi masalah jika MS menerima tiga atau lebih sinyal pilot yang mempunyai level  $E_c/I_0$  yang relatif sama, sehingga dapat menyebabkan interferensi.

*Pilot pollution* dapat disebabkan karena perancangan sel yang tidak tepat, pengaturan daya pilot dari tiap-tiap BTS yang tidak tepat, dan pengaturan antena yang tidak tepat yang berdampak pada area cakupan.



Gambar 4. MS menerima 3 sinyal pilot.

2.4. Parameter Perpindahan Pilot

Beberapa parameter yang digunakan untuk mengatur perpindahan pilot dari tiap set yaitu:

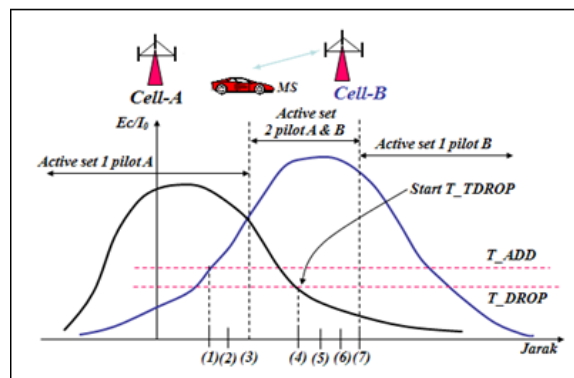
1. *Pilot Detection Threshold* ( $T\_ADD$ )

$T\_ADD$  adalah parameter yang mengontrol perpindahan sinyal pilot dari *neighbor set* atau *remaining set* ke *active set* atau *candidate set*. Nilai parameter ini harus cukup rendah agar dapat segera menambahkan pilot yang berguna di MS dan harus cukup tinggi untuk menghindari kesalahan akibat derau. Nilai acuan -12 dB – -14 dB

2. *Comparison Threshold* ( $T\_COMP$ )  
 $T\_COMP$  merupakan parameter yang mengontrol perpindahan sinyal pilot dari *candidate set* ke *active set*. Nilai acuan 2 dB – 4 dB.
3. *Pilot Detection Threshold* ( $T\_DROP$ )  
 $T\_DROP$  adalah parameter yang mengontrol perpindahan sinyal pilot dari *active set* atau *candidate set*. Nilai  $T\_DROP$  harus diatur cukup tinggi agar tidak terlalu banyak membuang sinyal pilot yang masih berguna. Nilai acuan -14 dB - -16 dB
4. *Drop Timer Threshold* ( $T\_TDROP$ )  
 $T\_TDROP$  adalah *timer* sinyal pilot yang berpindah dari *active set* atau *candidate set* ke *neighbor set* atau *remaining set* ketika sinyal pilot terdeteksi berada di bawah nilai  $T\_DROP$ . MS akan mulai menghidupkan *timer* ketika harga  $E_c/I_0$  sebuah sinyal pilot pada *active set* atau *candidate set* menurun. Nilai acuan 2 dB – 4 dB.

## 2.5. Handover

*Handover* merupakan proses perpindahan kanal trafik secara otomatis pada MS yang sedang digunakan untuk berkomunikasi tanpa terjadinya pemutusan hubungan pada saat MS berpindah dari satu sel ke sel yang lain. Sistem CDMA menggunakan tipe *soft handover*. *Soft handover* merupakan tipe *handover* yang terjadi antar sel dengan frekuensi yang sama, dimana MS memulai komunikasi dan membentuk hubungan dengan BTS yang baru terlebih dahulu sebelum memutuskan hubungan dengan BTS asal (*make before break*). Selama proses *handover* MS dan BTS saling berkomunikasi dengan pengiriman *message* berdasarkan kekuatan sinyal pilot yang terus dideteksi. Gambar 5. berikut menunjukkan prosedur *soft handover*.



Gambar 5. Prosedur *Soft Handover*.

Prosedur *soft handover* dijelaskan sebagai berikut :

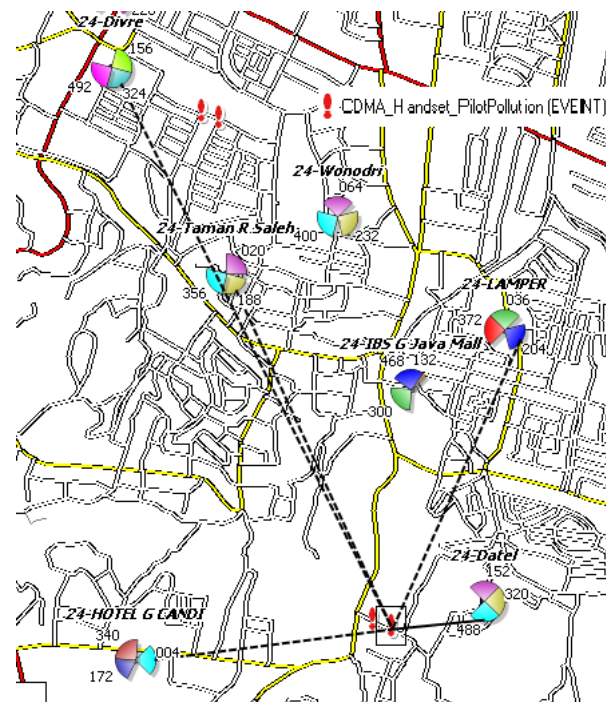
1. MS hanya dilayani oleh sel A dan *active set* hanya terdiri dari pilot A.  
MS mengukur daya pilot B ( $E_c/I_0$ ), saat daya pilot mencapai  $T\_ADD$ , MS mengirim pesan dan memindahkan status pilot B dari *neighbor set* ke *candidate set*.
2. MS menerima pesan dari sel A berisi PN *offset* sel B dan alokasi kode Walsh untuk kanal trafik dan MS mulai menggunakan kanal trafik tersebut untuk komunikasi.
3. MS memindahkan status pilot B dari *candidate set* ke *active set*, MS mengirim pesan bahwa *handover* sudah berhasil. Sekarang ada 2 pilot yang aktif.
4. MS mendeteksi daya pilot A jatuh dibawah  $T\_DROP$ , MS mulai mengaktifkan *timer*.

5. *Timer* mencapai  $T_{TDROP}$ , MS mengirim PSMM ke BTS.
6. MS menerima *Handoff Direction Message* (HDM) dari BTS, pesan ini hanya berisi *PN offset* sel B (tanpa *PN offset* sel A)
7. MS memindahkan status pilot A dari *active set* ke *neighbor set*.

### 3. Hasil Pengukuran dan Analisa







Hasil pengukuran merupakan data hasil *drive test* yang telah dilakukan di daerah *sample*. Data-data hasil *drive test* meliputi peta *drive test* dan pesan-pesan komunikasi antara BTS dan MS selama proses *drive test* di daerah *sample*.

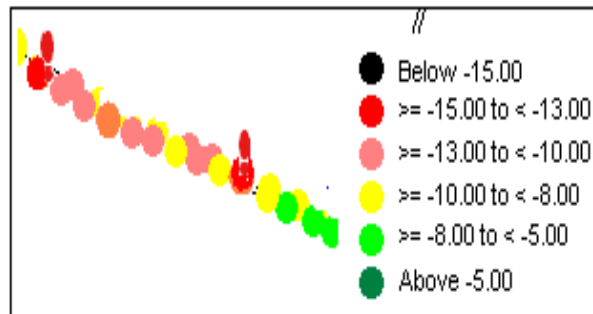
Gambar 6 memperlihatkan bahwa di daerah sampel terjadi *pilot pollution* ditandai dengan adanya tanda seru, sedangkan garis putus-putus menandakan PN yang menangani MS saat terjadi *pilot pollution*. *Pilot pollution* terjadi karena MS ditangani oleh 5 PN dari 5 BTS.



Gambar 6. Pilot pollution.



Simbol warna	Range (dB)	Kriteria
	> (-5)	Sangat Baik
	(-8) – (-5)	Baik
	(-10) – (-8)	Cukup Baik
	(-13) – (-10)	Cukup Buruk
	(-15) – (-13)	Buruk
	< (-15)	Sangat Buruk



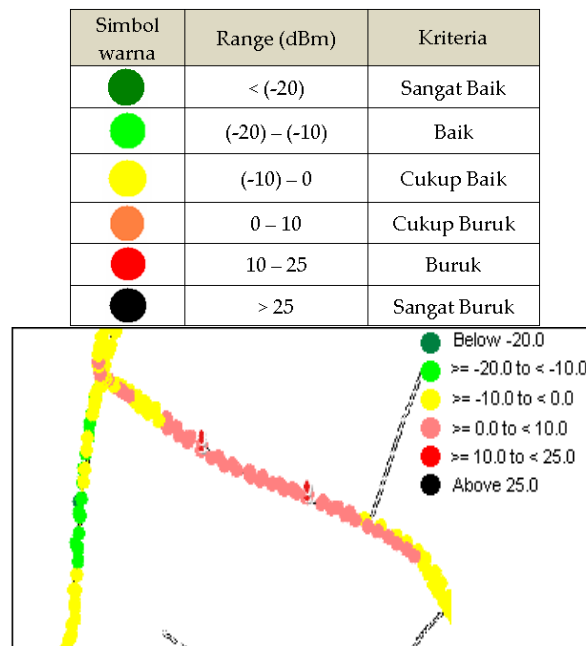
Gambar 7.  $E_c/I_0$  di daerah *sample*.

Dari hasil Gambar 7. *drive test* dapat diketahui saat terjadi *pilot pollution* nilai  $E_c/I_0$  nya berada di level – 15 dB sampai – 13 dB , ditandai dengan warna merah. Nilai  $E_c/I_0$  tersebut menunjukkan bahwa semakin banyak PN yang menangani MS maka nilai  $E_c/I_0$  nya akan makin buruk.

Tabel 1.  $E_c/I_0$  tiap PN di daerah *sample*.

PN	$E_c/I_0$ (dB)
324	-14.5
188	-13.0
204	-12.5
488	-12.0
004	-12.0

Tabel 1. memperlihatkan hasil *drive test* untuk nilai  $E_c/I_0$  dari tiap PN, dari *map legend* yang tertera pada peta *drive test*, nilai -14.5 dB dilambangkan dengan warna merah. Dari tabel terlihat bahwa tiap PN mempunyai nilai  $E_c/I_0$  antara -12 dB sampai -15 dB, dengan demikian nilai  $E_c/I_0$  tidak ada yang dominan dalam melayani MS, sehingga nilai  $E_c/I_0$  tersebut dikatakan buruk karena adanya *pilot pollution*.



Gambar 8. MS Tx power.

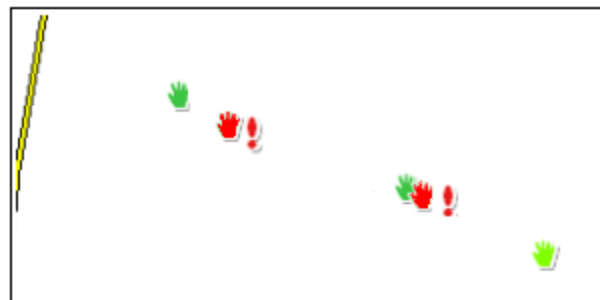
Gambar 8. adalah peta *drive test* yang memperlihatkan kuat isyarat yang dipancarkan oleh perangkat (Tx power) dalam hal ini adalah MS. Dilihat dari warna, maka kuat isyarat yang dipancarkan oleh MS adalah sekitar 0 dBm sampai 10 dBm.

Tabel 2. Hasil *Drive Test* MS Tx Power di daerah sample.

DT ke-	MS Tx Power (dBm)
1	5.7
2	-4.0
3	4.9
4	6.4
5	-0.2

Tabel 2. memperlihatkan hasil *drive test* untuk nilai kuat isyarat yang dipancarkan oleh MS. Dari nilai yang diperlihatkan maka MS Tx power di daerah tersebut cukup buruk.

Gambar 9. berikut memperlihatkan *soft handover* di daerah sampel, dari gambar nampak bahwa saat terjadi *pilot pollution* tidak terjadi *soft handover*. Tidak terjadi *soft handover* disebabkan karena MS tidak bisa menentukan sinyal pilot mana yang akan dipilih untuk melangsungkan hubungan.



Gambar 9. Soft Handover di daerah sample.

Selanjutnya yang perlu diperhatikan adalah *message browser*, dimana pesan saat MS berkomunikasi dengan BTS akan ditampilkan pada Gambar 10.

Msg	Absolute	CDMA Channel Type	CDMA Layer 3 Message Type
<b>003069</b>	<b>16:44:57.321</b>	<b>Reverse Traffic Chan...</b>	<b>Pilot Strength Measurement</b>
003071	16:44:57.352	Forward Traffic Chan...	Order
003073	16:44:57.432	Forward Traffic Chan...	Order
003075	16:44:57.512	Forward Traffic Chan...	Order
003077	16:44:57.592	Forward Traffic Chan...	Order
<b>003069 16:44:57.321 Reverse Traffic Channel: Pilot Strength Measurement</b>			
CDMA System Time: 16:44:57.321			
PILOT_PN_PHASE (chip): 9728 (152 + 0 chips), Pilot strength (Ec/Io): -12.5 dB, KEEP: 1			
PILOT_PN_PHASE (chip): 12034 (188 + 2 chips) Pilot strength (Ec/Io): -13.0 dB, KEEP: 1,			
PILOT_PN_PHASE (chip): 258 (4 + 2 chips), Pilot strength (Ec/Io): -12.0 dB, KEEP: 1			
PILOT_PN_PHASE (chip): 31233 (488 + 1 chips), Pilot strength (Ec/Io): -12.0 dB, KEEP: 1			

Gambar 10. Pengukuran *Pilot Strength*.

Dalam Gambar 10. ditunjukkan ada 4 pilot yang terdeteksi dan aktif (KEEP : 1) dengan  $E_c/I_o$  yang nilainya tidak ada yang dominan yaitu PN 152 dengan *pilot strength* -12.5 dB, PN 4 dengan *pilot strength* -12 dB, PN 488 dengan *pilot strength* -12 dB dan PN 188 dengan *pilot strength* -13 dB. PN 188 letaknya jauh dari daerah sampel dan masih bisa terdeteksi kekuatan sinyal pilotnya dan status pilotnya masih aktif. Ketika di cek nilai parameter T\_ADD adalah sebesar -14 dB. Hal ini berarti ambang batas T\_ADD terlalu rendah, sehingga banyak pilot tetangga yang menjadi *candidate pilot* untuk selanjutnya menjadi *active pilot*.

#### 4. Rekomendasi

Seperti yang telah dibahas pada poin analisis bahwa penyebab terjadinya *pilot pollution* pada daerah *sample* adalah karena pengaturan T\_ADD yang terlalu rendah, yaitu -14 dB, sehingga banyak pilot tetangga yang menjadi *candidate pilot* untuk selanjutnya menjadi *active pilot*. T\_ADD yang terlalu rendah menyebabkan pilot yang seharusnya tidak aktif berganti statusnya menjadi aktif untuk melayani MS, sehingga MS tidak bisa menentukan sinyal pilot mana yang akan dipilih untuk melangsungkan hubungan. Dengan demikian, nilai T\_ADD harus diubah. Dilihat dari kasus pada penelitian ini, maka nilai T\_ADD yang cocok adalah -12 dB. Jika nilai T\_ADD diubah menjadi -12 dB maka PN 204 dan PN 188 dapat menjadi *neighbor set*. Sehingga hanya ada 2 pilot saja yang aktif yaitu PN 488 dan PN 004.

Untuk PN 324 perlu dilakukan optimasi agar *coverage*-nya tidak menginterferensi PN lain yaitu dengan cara mengubah *tilting* antena. *Tilting* antena yaitu mengubah orientasi antena, dalam penelitian ini antena ditundukkan menjadi lebih ke bawah (*downtilting antena*) sehingga cakupan dari antena dapat berkurang.

## 5. Kesimpulan

1. Penelitian yang dilakukan di daerah *sample* terjadi *pilot pollution*.
2. *Pilot pollution* terjadi jika terdapat lebih dari 3 sinyal pilot kuat yang dapat diterima oleh MS. Banyaknya sinyal pilot akan menambah potensi terjadinya kegagalan *handoff* yang berujung pada *drop call*. karena MS tidak bisa menentukan sinyal pilot mana yang akan dipilih untuk melangsungkan hubungan.
3. *Pilot pollution* menyebabkan nilai  $E_c/I_0$  memburuk yaitu dibawah  $-10$  dB.
4. *Pilot pollution* yang terjadi dapat dikurangi dengan menggunakan metode perubahan *tilting* antena dan pengaturan nilai T\_ADD, sehingga pada suatu titik tidak lagi terdapat level sinyal pilot yang sama kuat.
5. Dengan perubahan *tilt* antena dan pengaturan nilai T\_ADD, maka potensi *pilot pollution* dapat diminimalisasi dan interferensi yang terjadi dapat dikurangi. Dengan pengurangan potensi *pilot pollution*, level kegagalan *handoff* yang dapat mengakibatkan *drop call* dapat ditekan.

## Daftar Pustaka

- [1] A.M. Abu-Rgheff, *Introduction to CDMA Wireless Communication*, Elsevier Ltd, 2007.
- [2] Huawei, *CDMA 2000 1x Handoff Introduction*, 2007.
- [3] Huawei, *CDMA 2000 1x Principle*, 2006.
- [4] Huawei, *Guidline for Dropped Call Analysis in CDMA 2000 1x*, 2007.
- [5] T. Isolato dan J. Niemela, *Impact of Pilot Pollution on SHO Performance*, Tampere University, 2007.
- [6] G. Pramono, *CDMA Radio Network Optimization Pilot Analysis (using Actix)*, 2009.
- [7] A. Rosenberg, *CDMA Capacity and Quality Optimization*, McGraw-Hill, 2003.
- [8] A. Setiawan, *Teori CDMA 2000-1x*, Bogor, 2009.