

## SIMULASI DAN ANALISA PEMODELAN SINKRONISASI UNTUK ARAH REVERSE PADA SISTEM PENERIMA CDMA 2000

Dedhy Sudarmono<sup>1</sup>, Bambang Sumajudin<sup>2</sup>, Budi Prasetya<sup>3</sup>

Jurusan Teknik Elektro Sekolah Tinggi Teknologi Telekomunikasi Bandung  
E-mail: dedhy121@yahoo.com,<sup>1</sup> bsn@sttelkom.ac.id<sup>2</sup>, bpy@sttelkom.ac.id<sup>3</sup>

### ABSTRAKSI

Sistem CDMA 2000 untuk arah reverse sangat berbeda dengan versi sebelumnya yaitu CDMA IS-95. Pada sistem ini user dapat mengirimkan beberapa kanal dengan kecepatan data yang berbeda-beda pada saat yang sama. Hal ini dimungkinkan karena adanya orthogonal spreading dan Code Multiplex. Dimana pada orthogonal spreading ini setiap kanal disebar menggunakan walsh code dengan panjang yang berbeda dan saling orthogonal kemudian dijumlahkan, proses penjumlahan ini bisa disebut juga Code Multiplex. Kemudian pada complex multiplier data dikalikan dengan quadrature spreading, dimana quadrature spreading ini terdiri dari Long code, short code In-Phase dan Quadrature. Karena itu, proses sinkronisasi harus mampu mensinkronkan ketiga kode tersebut secara bersamaan.

Penelitian ini akan membahas bagaimana proses sinkronisasi kode pada kode scrambling dan kode spreading di penerima dengan mensimulasikannya menggunakan software Matlab simulink. Pembahasan penelitian ini difokuskan pada pemodelan sistem sinkronisasi kode pada CDMA 2000. Proses sinkronisasi kode harus melalui 2 proses. Yaitu proses akuisisi untuk menentukan fasa awal kode yang akan mensinkronkan pengirim dan penerima dan proses tracking untuk menjaga kode antara pengirim dan penerima tetap dalam keadaan sinkron.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa kinerja waktu akuisisi dan tracking sangat dipengaruhi oleh adanya interferensi dan derau pada kanal. Semakin besar periode integrasi akan membuat sistem lebih tebal dari noise baik akibat kanal maupun interferensi. Tetapi waktu akuisisi yang semakin lama. Karena itulah diamati efek noise baik kanal maupun interferensi terhadap berbagai periode integrasi. Dari simulasi diambil periode integrasi sebesar  $16 \times 32T_c$  dengan alasan waktu ini masih cukup kecil dibandingkan periode frame preamble-nya.

**Kata kunci:** CDMA 2000, PN Long Code, PN Short Code, Walsh Code, code synchronization.

### 1. PENDAHULUAN

CDMA 2000 menggunakan teknik *Direct Sequence Code Division Multiple Acces* (DS-CDMA) yang merupakan teknik CDMA yang berbasiskan teknik *Direct Sequence Spread Spectrum* (DS-SS). Pada DS-CDMA, sejumlah user dapat menggunakan lebar pita frekuensi yang sama dan dalam waktu yang bersamaan. Kanal tiap user dibedakan oleh kode unik yang digunakan untuk menyebarkan daya sinyal informasi pada bandwidth yang jauh lebih lebar dibandingkan bandwidth sinyal informasi. Sistem DS-CDMA ini memerlukan kondisi sinkron baik kode maupun fasa kode antara kode *Orthogonal modulation*, *spreading code* dan *scrambling code* sinyal kirim dengan kode *orthogonal modulation*, *spreading code* dan *scrambling code* di penerima. Proses sinkronisasi pada penerima ini dilakukan dalam dua tahap yaitu:

1. Tahap *akuisisi* (*coarse synchronization*), yaitu tahap awal sinkronisasi untuk menentukan fasa awal kode yang akan mensinkronkan pengirim dan penerima.
2. Tahap *tracking* (*fine synchronization*), yaitu menjaga kode antara pengirim dan penerima tetap dalam keadaan sinkron.

Tahap tracking merupakan kelanjutan dari tahap akuisisi, dimana setelah proses akuisisi selesai maka proses selanjutnya adalah mempertahankan

kondisi yang telah dicapai pada akuisisi tersebut. Proses sinkronisasi di penerima baik itu tahap akuisisi maupun tracking akan sangat terpengaruh oleh derau akibat derau kanal AWGN dan juga *multiuser interference* disebabkan jumlah user yang banyak. Hal ini akan mempengaruhi kemampuan sistem penerima DS-CDMA secara keseluruhan.

Pada penelitian ini mempunyai tujuan sebagai berikut:

1. Memodelkan dan mensimulasikan sinkronisasi arah reverse pada sistem CDMA 2000.
2. Menganalisis performansi sinkronisasi arah reverse pada sistem CDMA 2000 dalam pengaruh derau, *multipath*, dan *multiuser interference*.

### 2. SPREAD SPECTRUM PADA CDMA2000

#### 2.1 Transmitter

Pada sisi *transmitter*, sistem CDMA 2000 terdiri dari: *orthogonal Spreading*, Modulator HPSK (*Hybrid Phase Shift Keying*), *Transmission filter* dan *passband carrier* seperti pada Gambar 1. [2], [13]

Pada *orthogonal spreading* ini setiap kanal disebar menggunakan kode *Walsh* dengan panjang yang berbeda dan saling orthogonal. HPSK pada sistem ini merupakan variasi dari

*complex scrambling* yang mengeliminasi kondisi *zero crossing* untuk setiap dua *chip point* dengan merotasi konstelasi secara berkala. Ini dilakukan dengan menggunakan deret yang berulang dan spesifik sebagai *signal scrambling (quadrature spreading)* dengan memilih spesifik *orthogonal code* sebagai spreader antar kanal. Kemudian difilter dengan tujuan membatasi bandwidth transmisi untuk meminimalkan ISI (*Inter Symbol Interference*).

## 2.2 Receiver

Pada sisi *receiver* mempunyai proses berkebalikan dari *transmitter* yaitu: *descrambling*, *despreading* dan *demodulator* (Gambar 2.) [2], [7], [11], [13]. Proses *descrambling* dilakukan dengan mengalikan /menkorelasikan sinyal yang diterima dengan kode referensi *short code inphase* dan *short code quadrature*. Kemudian proses *despreading* dilakukan dengan mengalikan sinyal yang telah *descrambling* dengan sinyal referensi fasa *long code*. Sedangkan proses decoding dilakukan dengan mengkorelasikan sinyal yang telah *despreading* dengan kode *walsh*.

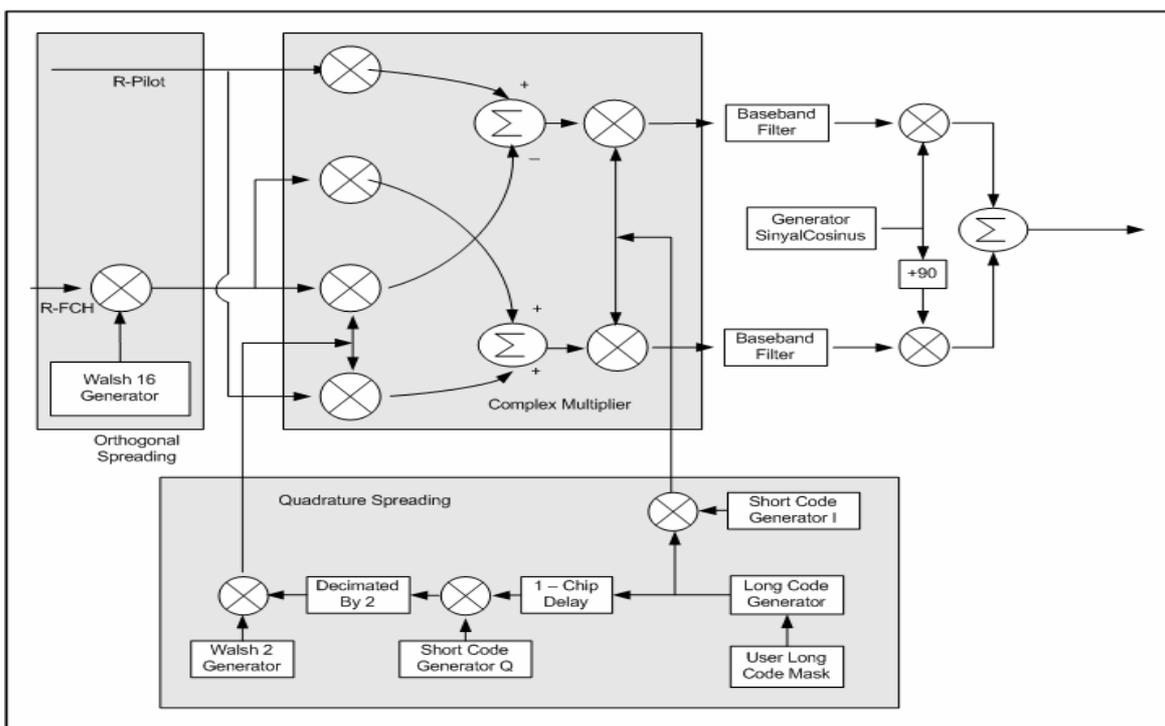
Pada proses *despreading* diperlukan sinkronisasi kode (*akuisisi* dan *tracking*) sedangkan pada proses *demodulator* diperlukan sinkronisasi *carrier* atau *carrier recovery*.

### 2.2.1 Sistem Akuisisi

Tujuan akuisisi kode inisial (*initial code acquisition*) adalah untuk mencapai *coarse synchronization* (sinkronisasi kasar) antara penerima dengan sinyal yang diterima. Dalam sistem DS-SS, hal ini merupakan usaha penyamaan kode penebar referensi pada keempat kode tersebut dengan

kode pada sinyal yang diterima, sehingga beda fasa maksimum adalah  $\pm 0.5T_c$ .

Sistem *parallel search* terdiri lebih dari satu korelator, dalam penelitian ini terdiri dari tiga buah, dimana ketiga korelator ini dispread oleh tiga kode penebar dengan fasa kode yang berbeda. Penerima akan menghipotesakan sebuah fasa kode dan berusaha *despreading* sinyal yang diterima dengan fasa kode tersebut. Jika fasa kode yang dihipotesakan menyamai dengan sinyal yang diterima, sinyal spektral tersebar akan dapat *despreading* sehingga diperoleh sinyal data *narrowband*. Apabila fasa yang dihipotesakan menyamai dengan sinyal yang diterima, maka filter LPF dan *integrator* akan meloloskan atau mengumpulkan seluruh sinyal yang *despreading*. Dari ketiga korelator ini akan dipilih sinyal yang paling besar. Dalam hal ini penerima memutuskan sinkronisasi inisial telah tercapai dan kemudian mulai mengaktifkan *tracking loop* untuk melanjutkan tahap sinkronisasi (*fine synchronization*). Sebaliknya, jika fasa kode yang dihipotesakan tidak menyamai dengan sinyal yang diterima, *despreader* akan menghasilkan sinyal *wideband* dan LPF dan *integrator* hanya akan mengumpulkan sebagian kecil dari sinyal tersebut. Kemudian penerima memutuskan bahwa kode yang dihipotesakan adalah tidak tepat, sehingga fasa kode yang baru harus dicoba.



Gambar 1. Model transmitter sistem CDMA 2000 [2] [13]

### 2.2.2 Sistem Tracking

Sinyal masukan  $r(t)$  akan dikorelasi-silangkan dengan kode penerima versi *early* dan *late*. Kedua sinyal kode lokal tersebut merupakan sinyal kode yang dibuat mendahului yaitu  $a_1(t)$  (*early spreading code*), dan yang tertinggal yaitu  $a_2(t)$  (*late spreading code*), terhadap sinyal kode lokal yang digunakan untuk proses pengumpulan spektral. Kedua sinyal kode lokal tersebut dapat dinyatakan [7]:

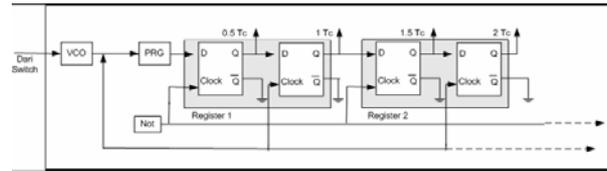
$$a_1(t) = c(t - \hat{T}_d + \frac{\Delta}{2}T_c) \text{ dan } a_2(t) = c(t - \hat{T}_d - \frac{\Delta}{2}T_c)$$

Masing-masing kode lokal tersebut dikorelasikan secara terpisah dengan sinyal *spread spectrum*.

### 2.2.3 Phase Delay Mechanism

Jika fasa kode yang dihipotesakan tidak menyamai dengan sinyal yang diterima, penerima akan memutuskan bahwa kode yang dihipotesakan adalah tidak tepat, sehingga fasa kode yang baru harus dicoba. Evaluasi fasa kode baru ini dengan cara menunda sebesar  $0.5T_c$ .

Mekanisme penundaan fasa kode ini disimulasikan dengan susunan D-Flip-Flop sebanyak 50 buah tiap lengan (pada kondisi awal tiap lengan paralel berbeda fasa 25 chip). Model simulasi dari *phase delay mechanism* ini ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Phase Delay Mechanism

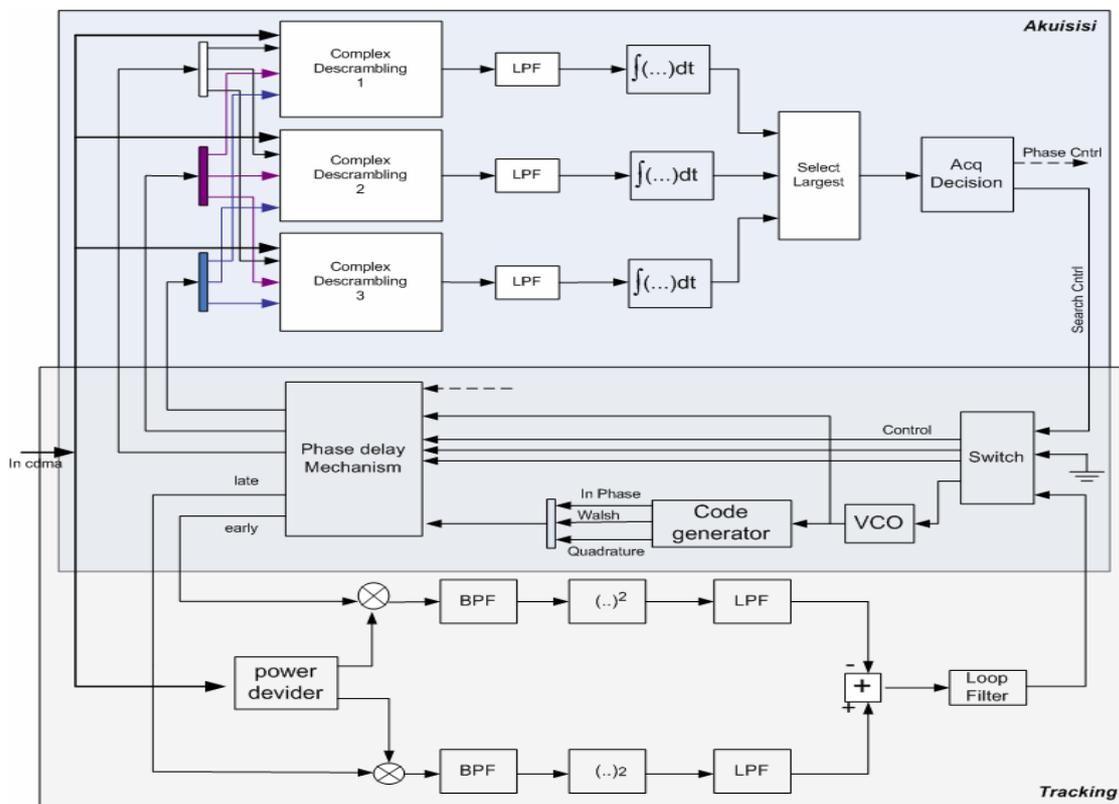
### 2.3 Algoritma verifikasi

Pada simulasi ini digunakan 2 metode untuk mengatasi pengaruh *False alarm* dan *Miss detection* yaitu:

#### • Metode Pertama

Untuk mengatasi pengaruh *false alarm* dibuat suatu prosedur verifikasi. Ketika suatu nilai sampel dideteksi melebihi *threshold*, sistem akan menginisialisasi proses verifikasi. Proses verifikasi ini dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Hitung dan catat integrasi selama 16 kali periode walsh.
2. Bila hasil integrasi kurang dari *threshold* maka Kode-kode di-delay  $0.5T_c$  kemudian kembali ke proses 1.
3. Bila hasil integrasi melebihi *threshold* maka hitung dan catat hasil integrasi berikutnya.
4. Bila hasil pengukuran integrasi berikutnya lebih dari  $V_{TH}$  maka akuisisi dianggap telah tercapai dan mulai melakukan tracking.
5. Bila hasil pengukuran integrasi berikutnya kurang dari  $V_{TH}$  maka akuisisi belum berhasil dan kembali ke proses 1.



Gambar 2. Model Receiver sistem CDMA 2000 [2], [7], [11], [13]

• **Metode Kedua**

Metode ini menambahkan verifikasi pada sinyal *phase control*, dimana pen-delay-an kode  $0.5 T_c$  terjadi jika dari hasil integrasi ditemukan nilai kurang dari threshold sebanyak dua kali berurutan. Ini dilakukan untuk mengatasi pengaruh *Miss Detection*.

**2.4 Algoritma akuisisi kedua**

Akuisisi kedua pada sistem ini memanfaatkan lengan paralel dari parallel search dikarenakan tidak diketahui apakah kode akan mendahului atau tertinggal dari identifikasi kode pada waktu track.

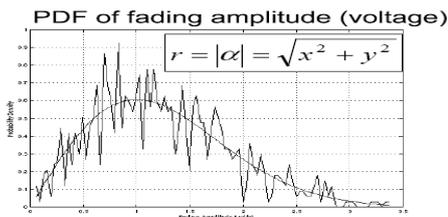
Ketika akuisisi pertama tiap lengan berbeda fasa kode sebesar  $25 T_c$ , maka ketika akuisisi kedua terjadi identifikasi lengan ketika tracking terjadi (dalam hal ini memiliki level keluaran integrator terbesar diantara yang lain) akan berada pada kondisi lengan kedua, sedangkan fasa lengan pertama dan ketiga akan mengikuti lengan kedua dengan beda fasa kode maksimal  $2,5 T_c$  antar lengan.

**3. RAYLEIGH FADING**

Dalam kanal radio *mobile*, distribusi *rayleigh* sering digunakan untuk mendeskripsikan statistik *time varying* selubung sinyal dalam kondisi sinyal yang *flat fading*, atau selubung masing-masing komponen *multipath*. Seperti yang diketahui bahwa selubung sinyal merupakan penjumlahan dua *quadrature* sinyal noise *gaussian* sehingga menghasilkan distribusi *rayleigh*. Distribusi *rayleigh* memiliki *probability density function* (pdf) sebagai berikut[8]:

$$p(r) = \begin{cases} \frac{r}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma^2}\right) & (0 \leq r \leq \infty) \\ 0 & (r < 0) \end{cases}$$

dimana  $\sigma$  adalah adalah nilai rms dari level sinyal yang diterima sebelum detektor, dan  $\sigma^2$  adalah daya waktu rata-rata dari sinyal yang diterima sebelum detektor.



Gambar 4. Pdf Rayleigh teori dan pengukuran

**4. ANALISA HASIL SIMULASI**

Dari model seperti pada Gambar 1 dan 2, dilakukan simulasi dengan bantuan program *matlab simulink*, dihasilkan data berikut:

**4.1 Kinerja Akuisisi**

Tabel 5. Kinerja akuisisi dengan metode 1(AWGN)

Jumlah Interferensi	Waktu akuisisi (integrasi)		
	C/N=0 dB	C/N=-5 dB	C.N=-7 dB
0	9	9	9
2	9	9	9
5	9	9	9
10	10	14	14

Tabel 6. Kinerja akuisisi dengan metode 2(AWGN)

Jumlah Interferensi	Waktu akuisisi (integrasi)		
	C/N=0 dB	C/N=-5 dB	C.N=-7 dB
0	10	10	10
2	15	10	10
5	12	14	12
10	12	12	15

Tabel 7. Kinerja akuisisi pada kanal Rayleigh

Jumlah Interferensi	Waktu akuisisi (integrasi)		
	C/N=0 dB	C/N=-5 dB	C.N=-7 dB
0	22	22	22
2	24	23	23
5	33	35	35

Waktu akuisisi menggunakan metode 1 lebih singkat jika dibandingkan dengan menggunakan metode 2, hal ini dikarenakan pada metode 2. Sistem akan mendelay kode referensi jika menemukan minimal dua nilai yang tepat berurutan. Tetapi probabilitas kehilangan fasa lebih besar jika dibandingkan dengan metode 1. Pada metode satu didapatkan waktu akuisisi selama 14 periode integrasi untuk 10 interferensi, dan 15 periode integrasi pada sistem yang menggunakan metode 2.

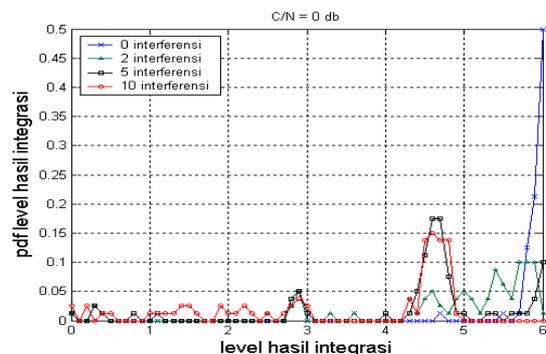
Waktu akuisisi cenderung berbanding lurus dengan banyaknya noise yang diterima dan noise yang disebabkan oleh interferensi. Semakin banyak noise dan interferensi maka fluktuasi sinyal yang diterima juga lebih variatif sehingga waktu akuisisi yang tercapai relatif semakin lama.

Waktu akuisisi pada metode 2 cenderung tidak linier dibanding dengan metode 1 hal ini disebabkan adanya verifikasi fasa kontrol yang tergantung dengan banyaknya fluktuasi yang random.

Pada kanal rayleigh waktu akuisisi juga akan semakin lama, hal ini dikarenakan multipath dari sinyal yang terdistribusi rayleigh dengan offset delay lebih dari  $1 T_c$  maka bisa dipandang sebagai suatu interferensi.

**4.2 Kinerja Tracking**

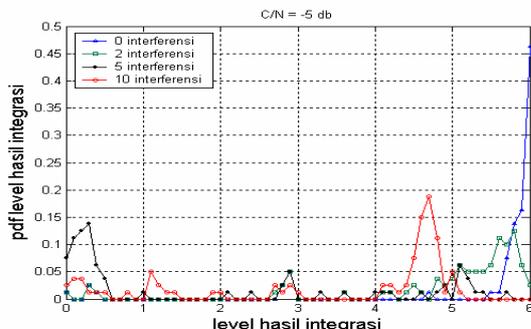
✓ **Kinerja Tracking menggunakan Metode1**



Gambar 5. pdf kinerja tracking C/N= 0 dB

**Tabel 8.** Peluang tegangan di atas Threshold (C/N=0dB)

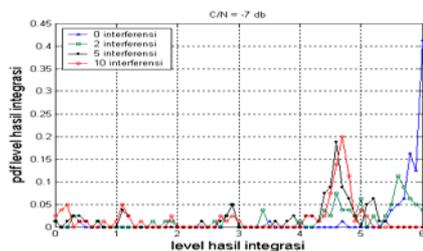
Jumlah Interferensi	P(V<Vth)	P(V>Vth)
0	0.0375	0.9625
2	0.0375	0.9625
5	0.0375	0.9625
10	0.0625	0.9375



**Gambar 6.** pdf kinerja tracking C/N= -5 dB

**Tabel 9.** Peluang tegangan di atas Threshold (C/N=-5dB)

Jumlah Interferensi	P(V<Vth)	P(V>Vth)
0	0.0375	0.9625
2	0.0375	0.9625
5	0.65	0.35
10	0.125	0.875



**Gambar 7.** pdf kinerja tracking C/N= -7 dB

**Tabel 10.** Peluang tegangan di atas Threshold (C/N=-7dB)

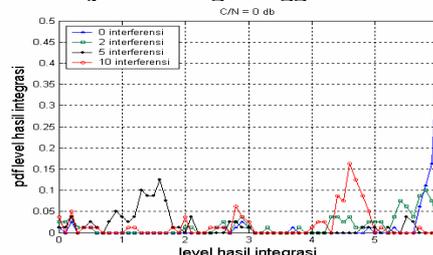
Jumlah Interferensi	P(V<Vth)	P(V>Vth)
0	0.0375	0.9625
2	0.0625	0.9375
5	0.0875	0.9125
10	0.125	0.875

Tabel tabel di atas menjelaskan nilai peluang yang didapat dari kurva pdf di atas.  $P(V < V_{th})$  menunjukkan peluang harga level integrasi berada di bawah level threshold, yang juga menunjukkan besar peluang sistem mengalami kegagalan dalam proses sinkronisasi. Sedangkan  $P(V > V_{th})$  menunjukkan peluang harga level integrasi berada di atas level threshold, yang juga menunjukkan peluang keberhasilan sistem. Nilai  $P(V > V_{th})$  ini digunakan sebagai harga yang menunjukkan performansi dari sistem sinkronisasi kode di penerima.

Dari tabel 8 sampai 10 dapat dilihat bahwa sistem rentan kehilangan fasa kode dikarenakan tidak adanya verifikasi fasa kontrol, ini terjadi pada jumlah interferensi 5 dengan C/N= -5 dB. Dari data lengkap

dapat dilihat bahwa sistem kehilangan fasa kode pada integrasi ke 33 dimana sistem salah dalam pengidentifikasian fasa kode, hal ini disebabkan oleh *missdetection*.

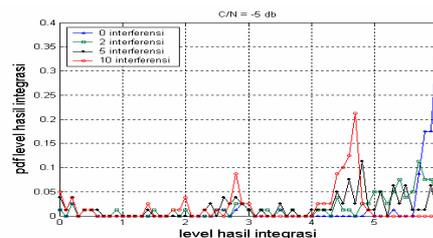
✓ **Kinerja Tracking menggunakan metode 2**



**Gambar 8.** pdf kinerja tracking C/N= 0 dB

**Tabel 11.** Peluang tegangan di atas Threshold (C/N=0dB)

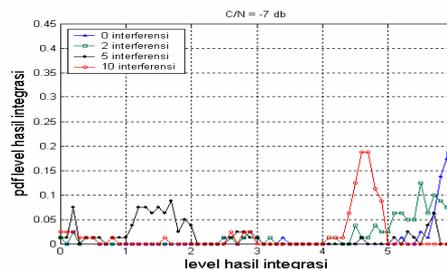
Jumlah Interferensi	P(V<Vth)	P(V>Vth)
0	0.05	0.95
2	0.1125	0.8875
5	0.1	0.9
10	0.1125	0.8875



**Gambar 9.** pdf kinerja tracking C/N= -5 dB

**Tabel 12.** Peluang tegangan di atas Threshold (C/N=-5dB)

Jumlah Interferensi	P(V<Vth)	P(V>Vth)
0	0.05	0.95
2	0.05	0.95
5	0.1125	0.8875
10	0.1125	0.8875



**Gambar 10.** pdf kinerja tracking C/N= -7 dB

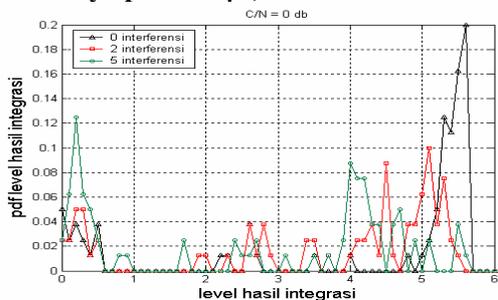
**Tabel 13.** Peluang tegangan di atas Threshold (C/N=-7dB)

Jumlah Interferensi	P(V<Vth)	P(V>Vth)
0	0.05	0.95
2	0.05	0.95
5	0.125	0.875
10	0.1125	0.8875

Dari tabel 11 sampai 13 dapat dilihat bahwa probabilitas ( $V > V_{th}$ ) berbanding terbalik dengan jumlah user interferen, karena semakin

banyak jumlah interferensi maka fluktuasi level daya terima juga semakin besar sehingga sistem akan lebih sering kehilangan fasa. Pada tabel diatas kondisi terburuk terdapat pada user dengan penginterferensi sebanyak 5 pada  $C/N = -7$  dB yaitu sebesar 87,5%.

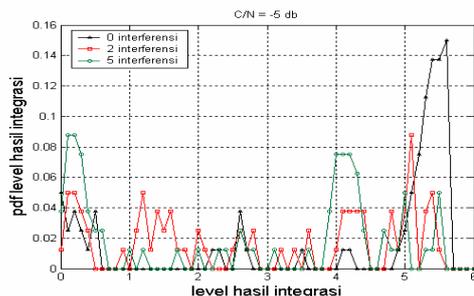
✓ **Kinerja Tracking pada kanal Rayleigh (rms Delay Spread=3  $\mu$ s)**



Gambar 11. pdf kinerja tracking  $C/N = 0$  dB

Tabel 14. Peluang tegangan di atas Threshold ( $C/N=0$ dB)

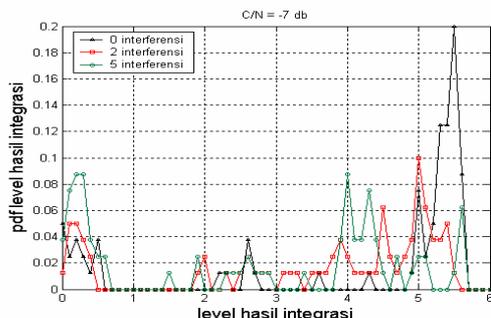
Jumlah Interferensi	$P(V < V_{th})$	$P(V > V_{th})$
0	0.2	0.8
2	0.225	0.775
5	0.3875	0.6125



Gambar 12. pdf kinerja tracking  $C/N = -5$  dB

Tabel 15. Peluang tegangan diatas Threshold ( $C/N=-5$ dB)

Jumlah Interferensi	$P(V < V_{th})$	$P(V > V_{th})$
0	0.2	0.8
2	0.2125	0.7875
5	0.4	0.6



Gambar 13. pdf kinerja tracking  $C/N = -7$  dB

Tabel 16. Peluang tegangan diatas Threshold ( $C/N=-7$ dB)

Jumlah Interferensi	$P(V < V_{th})$	$P(V > V_{th})$
0	0.2	0.8
2	0.2125	0.7875
5	0.4	0.6

Dari tabel 14 s.d. 16 dapat dilihat bahwa probabilitas level diatas threshold pada kanal rayleigh lebih sedikit dibandingkan dengan tanpa rayleigh (AWGN), ini disebabkan karena multipath yang terjadi pada kanal membentuk path/lintasan dimana pada sistem CDMA itu akan dianggap sebagai suatu interferensi jika path yang terjadi lebih dari periode chip rate.

**5. KESIMPULAN**

Dari hasil pemodelan dan simulasi yang sudah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin sedikit waktu integrasi maka waktu akuisisi yang dicapai akan semakin cepat, tetapi sistem semakin rentan terhadap noise dan interferensi, demikian juga sebaliknya.
2. Penentuan nilai threshold pada kinerja akuisisi akan menentukan lama tidaknya sistem memasuki kondisi tracking, sedangkan pada kinerja tracking menentukan lama tidaknya sistem menjaga kondisi tersebut.
3. Performansi sistem tracking akan bertambah buruk jika kondisi interferensi semakin banyak dan noise kanal semakin besar
4. Waktu akuisisi pada metode 2 cenderung tidak linier dibanding dengan metode 1 hal ini disebabkan adanya verifikasi fasa kontrol yang tergantung dengan banyaknya fluktuasi yang random.
5. Kinerja tracking menggunakan kanal Rayleigh lebih kecil dibandingkan tanpa rayleigh, karena lintasan-lintasan *multipath* dalam sistem komunikasi CDMA dapat dipandang sebagai user penginterferensi.
6. Kemungkinan kehilangan fasa pada sistem menggunakan metode 1 lebih besar dibandingkan

**DAFTAR PUSTAKA**

[1] Aris Sri Waluyo, "Optimization of Carrier Recovery DS-CDMA", Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro STT Telkom, 2004.  
 [2] Agilent AN 1335, "HPSK Spreading for 3G"  
 [3] Garg, Vijay, K. "Wireless Network Evolution". Prentice Hall. New Jersey, 2002.  
 [4] Heinrich Meyr and Geerd Ascheid, "Synchronization in Digital

- Communications volume 1*”, John Wiley and Sons.
- [5] Jhong Sam Lee and Leonard E. Miller, “*CDMA System Engineering Handbook*”, Artech House, Boston London, 1998.
  - [6] Proakis, John G., “*Digital Communications*”, Mc Graw Hill 1989.
  - [7] Peterson R.L., Rodger E.Ziemer, David E.Borth, “*Introduction to Spread Spectrum Communication*”, Englewood Cliffs, NJ : Prentice Hall, 1995.
  - [8] Rappaport, Theodore S., “*Wireless Communication Principles and Practice*”, Prentice Hall PTR, New Jersey, 1996.
  - [9] Rodger E. Ziemer, R.L.Peterson, “*Digital Communications and Spread Spectrum Systems*”, 1985
  - [10] Sklar, Bernard, “*Digital Communication, Fundamental and Application*”, Englewood Cliffs, NJ : Prentice Hall, 1988
  - [11] Susilo Wahyudi, “*Analysis and Simulation of Models Synchronization on CDMA IS-95 Reverse Link Receiver*”, Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro STT Telkom, 2004.
  - [12] Yudha Putra, “*Design Model and Simulation of Broadband Wireless Access Based on IEEE 802.16e*”, Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro STT Telkom, 2005.
  - [13] 3GPP2, “*Physical Layer Standard for CDMA2000 Spread Spectrum Systems-Revision C*”, July 2004.

