

# ANALISA CO-CHANNEL INTERFERENCE RATIO (CCIR) PADA SISTEM KOMUNIKASI SELULER MENGGUNAKAN ANTENA OMNI-DIREKSIONAL PADA DAERAH URBAN DAN SUB-URBAN

Windy Transiska Budy, Ari Wijayanti, Hani'ah Mahmudah  
Jurusan Teknik Telekomunikasi - Politeknik Elektronika Negeri Surabaya  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya  
Kampus PENS-ITS, Keputih, Sukolilo, Surabaya.  
Telp : +62+031+5947280; Fax. +62+031+5946011

Email : [peetut@student.eepis-its.edu](mailto:peetut@student.eepis-its.edu), [ariw@eepis-its.edu](mailto:ariw@eepis-its.edu), [haniah@eepis-its.edu](mailto:haniah@eepis-its.edu)

## Abstrak

Pada proyek akhir ini dilakukan analisa pada *Co-Channel Interference Ratio (CCIR)* yang merupakan salah satu jenis intereferensi yang ada pada sistem seluler, dimana interferensi ini disebabkan oleh penggunaan frekuensi yang sama pada sel lain (*frequency reuse*). Interferensi ini akan mempengaruhi performansi sistem seluler seperti kualitas suara (*voice quality*), kualitas layanan (*service quality*) dan fasilitas tambahan (*special features*). Untuk memperbaiki kualitas performansi sistem tersebut maka perlu dilakukan perhitungan nilai *co-channel interference ratio (ccir)* agar bisa dioptimalkan untuk meningkatkan performansi sistem.

Perhitungan dilakukan untuk nilai  $N=7$  dengan perubahan jarak *mobile station (MS)* terhadap base station pusat pada lapisan *first tier* dan *second tier* di daerah *urban* dan *sub-urban*, nilai *co-channel interference ratio* akan terus naik secara eksponen berdasarkan kenaikan nilai *pathloss*, pada saat  $\gamma=2$  dilapisan *first tier* daerah urban diperoleh nilai CCI = -19,28 dB, untuk penggunaan nilai  $\gamma=2.5$  sampai 5 masing-masing nilai CCI memiliki selisih 0,34 dB, sedangkan untuk daerah sub-urban diperoleh CCI = -19,61 dB pada  $\gamma=2$  dengan  $R=1,21$  Km yang memiliki selisih sebesar 0,42 dB untuk masing-masing kenaikan nilai  $\gamma$  yang digunakan. Selain itu nilai CCI juga dipengaruhi oleh perubahan posisi user pada lapisan *first tier* daerah urban dengan  $R=4,28$  Km, saat user di  $C = -17,07$  dB,  $R/4 = -17,09$  dB,  $R/2 = -17,15$  dB,  $3*R/4 = -17,25$  dB dan terakhir kondisi user pada jarak  $R = -17,39$  dB. nilai CCI pada lapisan *second tier* juga akan mengalami kenaikan seperti pada lapisan *first tier*. Selanjutnya nilai CCI pada

lapisan *first tier* lebih kecil dibandingkan dengan nilai lapisan *second tier*, pada lapisan *first tier* diperoleh nilai CCI = -15,08 dB, *second tier* = -15,35 dB untuk  $R=5,21$  Km dengan  $\gamma=2$ . Dari keseluruhan hasil bisa diketahui bahwa nilai CCI pada daerah urban lebih besar dibandingkan dengan CCI pada daerah sub-urban

Kata kunci : *Co-Channel Intereference Ratio (CCIR)*, *pathloss exponent*, *First Tier* dan *Second Tier*, *Urban* dan *Sub-Urban*

## 1. Pendahuluan

Banyaknya pendirian BTS baru tidak menutup kemungkinan penggunaan frekuensi yang sama pada sel lain (*frequency reuse*) yang merupakan salah satu penyebab terjadinya interferensi *co-channel* yang bisa menurunkan performansi sistem seperti : kualitas suara (*voice quality*), *service quality* dan fasilitas tambahan (*special feature*). Nilai *co-channel interference ratio* bisa dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya perubahan jarak *mobile station*, nilai *pathloss* yang digunakan.

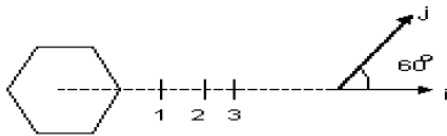
Santosh Kumar, dkk [1], sebelumnya sudah melakukan perhitungan nilai *co-channel interference ratio* dengan variasi jarak yang digunakan mulai dari 2 Km sampai 20 Km dengan posisi *mobile station* yang berubah-ubah dan pengaruh kenaikan nilai *pathloss* yang digunakan pada lapisan *first tier* dari susunan sel per cluster.

Pada proyek akhir ini kembali dilakukan perhitungan nilai *co-channel interference ratio* dengan jumlah sel per cluster ( $N$ ) sebanyak 7 pada dua daerah yang berbeda yaitu urban dan sub-urban, masing-masing daerah memiliki radius sel yang berbeda yaitu 0,78 Km sampai 5 Km untuk daerah

urban dan 1,21 Km sampai  $\geq 3$  Km pada daerah sub-urban [2]. Masing-masing daerah dilakukan perhitungan untuk lapisan *first tier* dan lapisan *second tier*. Keseluruh hasil akan disimulasikan serta divisualisasikan. Pada bagian 2 dari paper ini dideskripsikan formasi dari jumlah sel per cluster (N) yang digunakan, kemudian pada bagian 3 dilakukan pembahasan rumus perhitungan nilai co-channel interference ratio, bagian 4 menunjukkan hasil simulasi dan analisa, terakhir bagian 5 adalah kesimpulan.

## 2. Formasi Sel dan Frequency Reuse

*Frequency reuse* adalah digunakan kembali frekuensi yang sama pada sel lain, penggunaan *frequency reuse* dilakukan untuk meningkatkan efisiensi frekuensi dan meningkatkan kapasitas sistem. Untuk menentukan letak sel *reuse* bisa dilakukan dengan menentukan parameter *i* dengan menarik garis lurus dari pusat sel dan menggeser sejauh  $60^\circ$  untuk meendapatkan parameter *j*, seperti yang ditunjukkan Gambar 1 Nilai N bisa bernilai 1,3,4,7,9,12,12,13,16....[1].



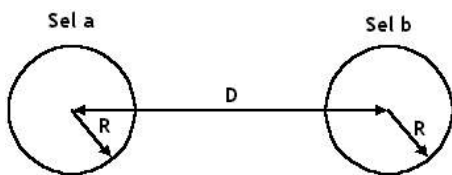
Gambar 1. Penentuan parameter *i* dan *j*

Dari Gambar 1 diperoleh persamaan (1) untuk menentukan jumlah sel reuse [1].

$$N = i^2 + ij + j^2 \quad (1)$$

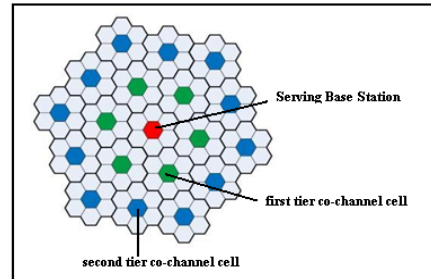
Sedangkan jarak minimum dari *frequency reuse* atau jarak reuse (*D*) bisa dicari dengan persamaan (2) berdasarkan Gambar 2 berikut ini [2].

$$D = R \sqrt{3N} \quad (2)$$



Gambar 2 Penentuan jarak reuse (*D*)

## 3. Perhitungan dan Perumusan Co-channel Interference Ratio (CCIR)



Gambar 3. Co-channel interference sel dengan  $N=7$

Perhitungan nilai co-channel interference dilakukan untuk kasus  $N=7$  pada lapisan *first tier* dan *second tier* untuk daerah urban dan suburban, sehingga diperoleh gambaran sel interferensi seperti Gambar 3. Dari Gambar 3 diketahui bahwa  $K_I = 6$  untuk jumlah maksimum dari  $K_I$  di *first tier* dan  $K_I = 12$  untuk jumlah maksimum pada lapisan *second tier*. Diasumsikan bahwa gangguan yang terjadi lebih dari interferensi dan dapat diabaikan. Sehingga *C/I* dapat diberikan seperti persamaan (3) :

$$\frac{C}{I} = \frac{R^{-\gamma}}{\sum_{k=1}^{K_I} (D_k/R)^{-\gamma}} \quad (3)$$

Dimana  $\gamma$  adalah pathloss propagasi yang ditentukan dari kondisi lapangan. Pada *mobile radio medium*,  $\gamma$  biasanya diasumsikan bernilai 2 sampai 5. Pathloss propagasi tidak boleh bernilai dibawah 2, berdasarkan kondisi propagasi gelombang di udara[2].

### Perumusan Co-Channel Interference Ratio (CCIR)

#### • Lapisan first Tier

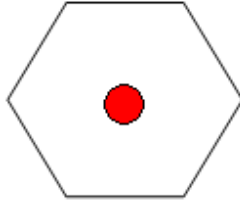
Dari persamaan (3) dengan berbagai kondisi yang ada pada mobile station diperoleh persamaan (4) dengan asumsi  $q = D/R$  [3]:

$$\frac{C}{I} = \frac{R^{-\gamma}}{\sum_{k=1}^{K_I} (q_k)^{-\gamma}} \quad (4)$$

Perumusan CCIR untuk berbagai kondisi [1]:

1. Saat  $D_1=D_2=D_3=D_4=D_5=D_6=D$

$$\frac{C}{I} = \frac{R^{-\gamma}}{6*(q)^{-\gamma}} \quad (5)$$



**Gambar 4.** Posisi *mobile station* pada jarak terdekat dengan pusat sel (D)

2. Saat  $D_1=D_2=D-R/4$ ,  $D_3=D_6=D$ ,  $D_4=D_5=D+R/4$

$$\frac{c}{i} = \frac{R^{-\gamma}}{2(q-\frac{1}{4})^{-\gamma} + 2(q)^{-\gamma} + 2(q+\frac{1}{4})^{-\gamma}} \quad (6)$$



**Gambar 5.** Posisi *mobile station* pada jarak R/4

3. Saat  $D_1=D_2=D-R/2$ ,  $D_3=D_6=D$ ,  $D_4=D_5=D+R/2$

$$\frac{c}{i} = \frac{R^{-\gamma}}{2(q-\frac{1}{2})^{-\gamma} + 2(q)^{-\gamma} + 2(q+\frac{1}{2})^{-\gamma}} \quad (7)$$



**Gambar 6.** Posisi *mobile station* pada jarak R/2

4. Saat  $D_1=D_2=D-3R/4$ ,  $D_3=D_6=D$ ,  $D_4=D_5=D+3R/4$

$$\frac{c}{i} = \frac{R^{-\gamma}}{2(q-3\frac{R}{4})^{-\gamma} + 2(q)^{-\gamma} + 2(q+3\frac{R}{4})^{-\gamma}} \quad (8)$$



**Gambar 7.** Posisi *mobile station* pada jarak 3R/4

5. Saat  $D_1=D_2=D-R$ ,  $D_3=D_6=D$ ,  $D_4=D_5=D+R$  (Kasus Terburuk)

$$\frac{c}{i} = \frac{R^{-\gamma}}{2(q-1)^{-\gamma} + 2(q)^{-\gamma} + 2(q+1)^{-\gamma}} \quad (9)$$



**Gambar 8.** Posisi *mobile station* pada jarak R

#### • Lapisan *Second Tier*

Pada lapisan *second tier* posisi *mobile station* tetap memiliki kondisi pada jarak D, R/4, R/2, 3R/4 dan R seperti pada kasus lapisan *first tier*. Pada lapisan *second tier* ada 12 sel co-channel dimana 6 sel mempunyai jarak reuse sebesar 2D dan 6 sel yang mempunyai jarak reuse sebesar 1,73D [4]. Sehingga masing-masing kasus mempunyai persamaan seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 1** berikut ini.

**Tabel 1.** Perumusan Co-Channel Interference Ratio untuk lapisan *second tier*.

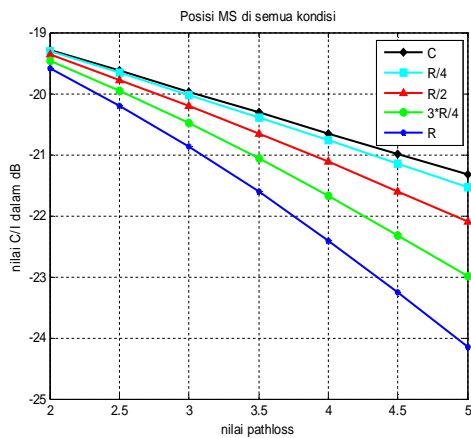
Permasalahan	Perumusan C/I
C	$R^{-\gamma}/6*(2D/R)^{-\gamma} + 6(1.73D/R)^{-\gamma}$
R/4	$R^{-\gamma}/2*(2*(q-1/4))^{-\gamma} + (2*q)^{-\gamma} + (2*(q+1/4))^{-\gamma} + (1.73*(q-1/4))^{-\gamma} + (1.73*q)^{-\gamma} + (1.73*(q+1/4))^{-\gamma}$
R/2	$R^{-\gamma}/2*(2*(q-1/2))^{-\gamma} + (2*q)^{-\gamma} + (2*(q+1/2))^{-\gamma} + (1.73*(q-1/2))^{-\gamma} + (1.73*q)^{-\gamma} + (1.73*(q+1/2))^{-\gamma}$
3R/4	$R^{-\gamma}/2*(2*(q-3/4))^{-\gamma} + (2*q)^{-\gamma} + (2*(q+3/4))^{-\gamma} + (1.73*(q-3/4))^{-\gamma} + (1.73*q)^{-\gamma} + (1.73*(q+3/4))^{-\gamma}$
R	$R^{-\gamma}/2*(2*(q-1))^{-\gamma} + (2*q)^{-\gamma} + (2*(q+1))^{-\gamma} + (1.73*(q-1))^{-\gamma} + (1.73*q)^{-\gamma} + (1.73*(q+1))^{-\gamma}$

## 4. Analisa

### 4.1 Perubahan Nilai Pathloss Exponent ( $\gamma$ )

Pada proyek akhir ini dilakukan analisa untuk jumlah sel per cluster (N) sama dengan 7 dengan variasi jarak *mobile station* pada daerah urban dan sub-urban. Analisa yang pertama adalah berdasarkan perubahan nilai pathloss eksponen mulai dari 2 sampai 5 [4]. Pada permasalahan ini diketahui bahwa nilai *co-channel interference ratio* (CCIR) akan naik

secara eksponensial berdasarkan perubahan nilai pathloss seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 9**.



**Gambar 9.** Grafik Nilai CCIR Lapisan First Tier pada Daerah Urban dengan R=4,28 Km

Dari **Gambar 9** diatas bisa diketahui bahwa pada saat nilai pathloss ( $\gamma$ ) sama dengan 2 diperoleh nilai CCI= -19,28 dB, kemudian pada saat  $\gamma=2,5$  nilai CCI=19,62 dB. Sedangkan pada saat penggunaan  $\gamma=3$  dan  $\gamma=3,5$  berturut-turut diperoleh hasil -19,96 dB dan -20,30 dB, kemudian dinaikkan lagi nilai  $\gamma$  menjadi 4 dan 4,5 nilai CCI yang diperoleh adalah -20,64 dB untuk  $\gamma= 4$  dan -20,99 dB untuk  $\gamma=4,5$ , untuk nilai pathloss yang terakhir adalah  $\gamma=5$  diperoleh nilai CCI sebesar -21,33 dB. Dengan demikian dapat diketahui bahwa nilai CCI yang dihasilkan memiliki selisih sebesar 0,34 dB untuk masing-masing rentang kenaikan yang digunakan, hal ini karena penggunaan nilai pathloss exponent dengan rentang nilai kenaikan yang sama seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Nilai Co-Channel interference ratio lapisan first tier daerah urban dengan R=4,28 Km

Kondisi	$\gamma=2$	$\gamma=2.5$	$\gamma=3$	$\gamma=3.5$
C	-19.28	-19.62	-19.96	-20.30
R/4	-19.30	-19.66	-20.02	-20.39
R/2	-19.36	-19.77	-20.20	-20.65
3*R/4	-19.46	-19.95	-20.48	-21.06
R	-19.59	-20.20	-20.87	-21.61

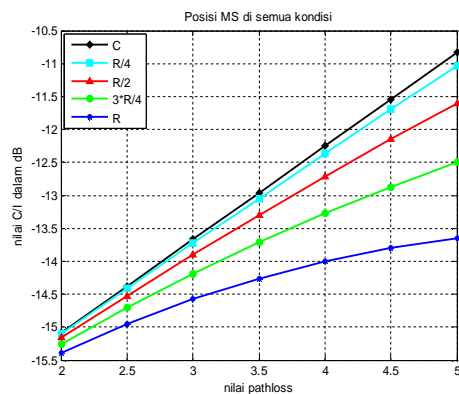
**Tabel 1.** (Lanjutan)

Kondisi	$\gamma=4$	$\gamma=4.5$	$\gamma=5$
C	-20.64	-20.99	-21.33
R/4	-20.76	-21.14	-21.52

R/2	-21.11	-21.59	-22.10
3*R/4	-21.67	-22.31	-22.99
R	-22.40	-23.25	-24.14

## 4.2 Perbandingan Nilai Lapisan First Tier dan Second Tier

Perhitungan nilai *Co-Channel Interference Ratio* (CCIR) dilakukan pada lapisan *first tier* dan *second tier* pada masing-masing daerah urban dan sub-urban. **Gambar 10** dan **Gambar 11** menunjukkan hasil perhitungan nilai CCIR pada daerah urban, dari **Gambar 10** dan **Gambar 11** bisa diketahui bahwa nilai CCIR antara lapisan first tier dan second tier mempunyai perbedaan yang sangat jauh yaitu pada lapisan first tier nilai CCIR terbesar ada pada kondisi dimana mobile station berjarak R dari pusat sel, nilai CCIR yang diperoleh mencapai -15,39 dB, sedangkan nilai CCIR pada lapisan second tier memiliki nilai terbesar pada kondisi mobile station saat jarak terjauh dari pusat sel dengan nilai CCIR sebesar -50.29 dB. Pada sistem CDMA nilai interferensi yang disarankan agar tidak terjadi proses handoff adalah sebesar 0 dB sampai -15 dB [4]. Tabel 2 merupakan nilai hasil co-channel interference ratio pada lapisan first tier sedangkan Tabel 3 merupakan nilai co-channel pada lapisan second tier.



**Gambar 10.** Grafik Nilai CCIR Lapisan first tier daerah urban dengan R=5,28 Km

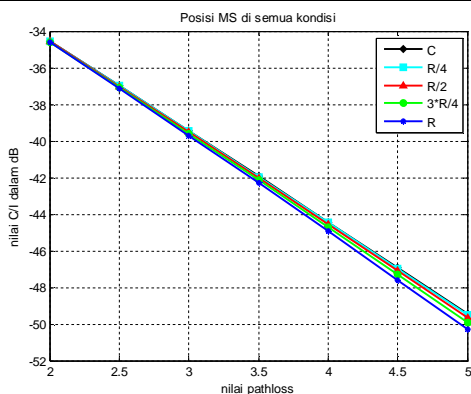
**Tabel 2.** Nilai CCIR lapisan first tier daerah urban dengan R=5,28 Km

Kondisi	$\gamma=2$	$\gamma=2.5$	$\gamma=3$	$\gamma=3.5$
C	-15.08	-14.37	-13.66	-12.95
R/4	-15.10	-14.41	-13.72	-13.04
R/2	-15.16	-14.52	-13.90	-13.30

3*R/4	-15.26	-14.70	-14.18	-13.71
R	-15.39	-14.95	-14.57	-14.26

**Tabel 2. (Lanjutan)**

Kondisi	$\gamma=4$	$\gamma=4.5$	$\gamma=5$
C	-12.25	-11.54	-10.83
R/4	-12.36	-11.69	-11.03
R/2	-12.71	-12.15	-11.60
3*R/4	-13.27	-12.86	-12.49
R	-14.00	-13.80	-13.64



**Gambar 11.** Grafik Nilai CCIR Lapisan *first tier* daerah urban dengan  $R=5,28$  Km

**Tabel 3.** Nilai C/I (dB) Pada Lapisan *Second tier* Daerah Urban dengan  $R=5.28$  Km

Kondisi	$\gamma=2$	$\gamma=2.5$	$\gamma=3$	$\gamma=3.5$
C	-34.53	-36.99	-39.45	-41.93
R/4	-34.54	-36.99	-39.47	-41.96
R/2	-34.56	-37.03	-39.52	-42.03
3*R/4	-34.58	-37.08	-39.60	-42.15
R	-34.62	-37.15	-39.72	-42.32

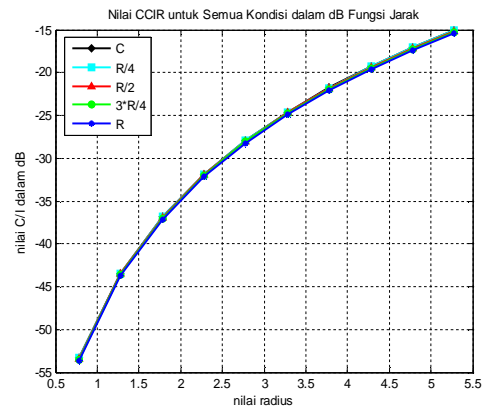
**Tabel 3. (Lanjutan)**

Kondisi	$\gamma=4$	$\gamma=4.5$	$\gamma=5$
C	-44.42	-46.93	-49.44
R/4	-44.46	-46.97	-49.50
R/2	-44.56	-47.09	-49.66
3*R/4	-44.72	-47.31	-49.93
R	-44.94	-47.60	-50.29

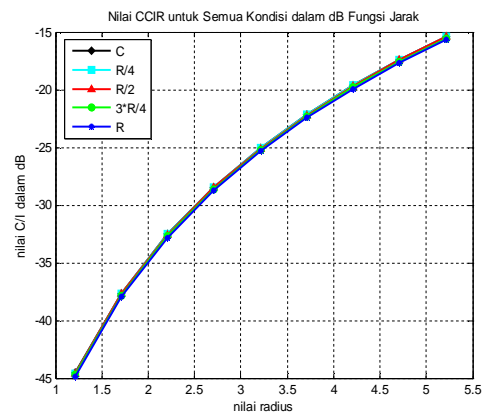
#### 4.3 Nilai CCIR pada Daerah Urban dan Sub-Urban

Pada proyek akhir ini ada dua tipe daerah yang dihitung dan diamati nilai co-channel interference rationnya, yaitu daerah urban dan daerah sub urban. Masing-masing daerah dibedakan dengan

penggunaan radius selnya (R). Pada daerah urban digunakan radius (R) sebesar 0,78 Km sampai 5 Km, sedangkan daerah sub urban memiliki nilai radius yang lebih besar yaitu 1,21 Km sampai  $\geq 3$  Km [2]. Hasil perhitungan nilai CCIR ditunjukkan pada **Gambar 12** untuk daerah urban dan **Gambar 13** untuk daerah sub urban.



**Gambar 12.** Grafik nilai CCIR Daerah urban dengan  $\gamma=2$ .



**Gambar 13.** Grafik Nilai CCIR Daerah Sub-Urban dengan  $\gamma=2$

Dari Gambar 12 dan Gambar 13 bisa diketahui bahwa nilai CCIR yang ada pada daerah urban lebih besar dibandingkan dengan daerah sub urban. Hal ini disebabkan karena daerah urban merupakan daerah perkotaan dengan trafik pengguna cukup besar sehingga jarak pengulangan frekuensi menjadi berdekatan. Sedangkan daerah sub-urban merupakan daerah pinggiran kota dengan mobilitas pengguna yang rendah, sehingga pancaran sinyal cukup kuat dengan jangkauan yang cukup jauh. Pada daerah urban nilai CCIR yang diperoleh adalah sebesar -53,7 dB pada radius 0,78 Km dan terus menurun dengan

semakin besarnya radius yang digunakan. Sehingga pada daerah sub-urban diperoleh nilai CCIR yang lebih kecil yaitu -44,3 dB dengan radius sel 1,21 Km. Hasil nilai CCIR pada daerah urban bisa dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5 untuk daerah sub-urban.

**Tabel 4.** Nilai CCIR Daerah Urban Dengan  $\gamma=2$

Kondisi	R=0.78	R=1.28	R=1.78	R=2.28	R=2.78
C	-53.3	-43.4	-36.8	-31.8	-27.9
R/4	-53.3	-43.5	-36.9	-31.9	-27.9
R/2	-53.4	-43.5	-36.9	-32.0	-28.0
3*R/4	-53.5	-43.6	-37.0	-32.1	-28.1
R	-53.7	-43.7	-37.1	-32.2	-28.2

**Tabel 4. (Lanjutan)**

Kondisi	R=3.28	R=3.78	R=4.28	R=4.78	R=5.28
C	-24.6	-21.7	-19.3	-17.1	-15.0
R/4	-24.6	-21.8	-19.3	-17.1	-15.1
R/2	-24.7	-21.9	-19.4	-17.2	-15.2
3*R/4	-24.9	-22.0	-19.5	-17.3	-15.3
R	-24.9	-22.1	-19.5	-17.3	-15.4

**Tabel 5.** Nilai CCIR Daerah Sub-Urban dengan  $\gamma=2$

Kondisi	R=1.21	R=1.71	R=2.21	R=2.71	R=3.21
C	-44.5	-37.6	-32.5	-28.4	-25.0
R/4	-44.6	-37.7	-32.5	-28.4	-25.1
R/2	-44.6	-37.7	-32.6	-28.5	-25.1
3*R/4	-44.7	-37.8	-32.7	-28.6	-25.2
R	-44.9	-37.9	-32.8	-28.7	-25.3

**Tabel 5. (Lanjutan)**

Kondisi	R=3.71	R=4.21	R=4.71	R=5.21
C	-22.1	-19.6	-17.4	-15.4
R/4	-22.2	-19.6	-17.4	-15.4
R/2	-22.2	-19.7	-17.4	-15.4
3*R/4	-22.3	-19.8	-17.5	-15.5
R	-22.5	-19.9	-17.7	-15.7

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa data dapat disimpulkan bahwa :

1. Nilai *Co-Channel Interference Ratio* (CCIR) dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu : Radius sel, pathloss eksponen, posisi mobile station dan lapisan sel co-channel.
2. Perubahan posisi *mobile station* mempengaruhi nilai CCIR yang dihasilkan, dimana semakin

jauh *mobile station* dari pusat sel maka semakin besar pula nilai CCIR yang diperoleh

3. Pada lapisan *second tier* nilai CCIR yang diperoleh lebih besar dibandingkan dengan lapisan *first tier* hal ini disebabkan karena pada lapisan *second tier* mempunyai sel co-channel 2X lebih besar dari jarak sel co-channel pada lapisan *first tier*.
4. Daerah urban dengan radius sel mulai 0,78 Km sampai 5 Km mempunyai nilai CCIR yang lebih besar dibandingkan dengan nilai CCIR pada daerah Sub-urban dikarenakan pada daerah urban jarak sel reuse yang cukup dekat, dibandingkan dengan daerah sub-urban yang menggunakan radius sebesar 1,21 Km sampai  $\geq 3$  Km.
5. Nilai Pathloss juga mempengaruhi besarnya nilai CCIR, semakin besar pathloss maka semakin besar interferensi yang ditimbulkan.
6. Pada sistem CDMA nilai interferensi minimum dibatasi pada 0 dB sampai -15 dB agar tidak muncul parameter handoff, sedangkan untuk peningkatan performansi sistem nilai yang disarankan adalah - 18 dB.

## 6. Daftar Pustaka

- [1] Santosh Kumar, S.C. Sharma, Sandip Vijay, Shanhnawas Husain, "Optimization of Co-Channel Interference Ratio (CCIR) for Omni-Directional Antenna in Mobile Computing", International Journal Of Recent Trends Engineering. Vol. 1, No. 2, May 2009
- [2] Setiawan Aksto, "Peningkatan Kapasitas Sel CDMA dengan Menggunakan Metode Partisi Sel", Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, \_\_\_\_\_
- [3] Dr. Wajih A. Abu Al Saud, "Frequency Reuse Concept", EE 499:Wireless & Mobile Communications (082)
- [4] U. M. Maurer, "Secret key agreement by public discussions from common informations". *IEEE Transactions on Informations Theory*, Vol. 39, No. 3, pp.733-742, 1993.
- [5] El-Jaafreh Yousef G," Co-Channel and Adjacent Channel Intereference Calculations in Celuller Communications System", *J King Saud Univ*, Vol. 12, *Eng. Sci.* (1), pp 153-168 (A.H.1420/2000)