

Makalah Seminar Tugas Akhir
PENINGKATAN KAPASITAS SEL CDMA TERSEKTORISASI
DENGAN METODE PARTISI SEL

Muchamad Reza Faizin^[1], Ajub Ajulian Zahra, ST, MT^[2], Darjat, ST, MT^[2]

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

ABSTRACT

Code Division Multiple Access (CDMA) is digital wireless technology by using a unique system and confidentiality of data, it is also able to overcome the interference or jamming well as alternative communication. However, CDMA system also have limitations in capacity. Previous method, partition cell, have overcome limitation capacity of cell, by dividing cell into two cell which have a different radius. A small cell radius is called inner cell and the larger radius one is called outer cell, this distinction is done by reducing the power radiation and height of antenna.

In this final task, analyze CDMA cell capacity using with no partition cell and with partition that is added sectorization to more increase cell capacity. Sectorization is isolation a cell become a smaller part to reduce interference from other users who are in one sector with others. Determining partition cell capacity by calculating in several stages, they are, the link budget analysis to determine the Maximum Allowable Path Loss (MAPL) for the inner cell and outer cell, the radius cell determining to calculate using the model of outdoor propagation Walfish-Ikegami and calculating cell capacity to know raising capacity result. The result of CDMA sectorized cell partition is a increase capacity almost three times (2.89 times) than the cell without partition.

Keywords: CDMA, cell partition, inner cell, outer cell, link budget, cell capacity, sectorization.

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu teknologi yang berkembang pesat dan mempengaruhi jutaan manusia di dunia adalah telekomunikasi. Kebutuhan manusia untuk komunikasi, kebutuhan untuk informasi, dan kebutuhan untuk perdagangan, pendidikan, dan lain-lain sangat dimudahkan dengan adanya teknologi komunikasi saat ini.

Code Division Multiple Access (CDMA) merupakan teknologi digital selular dengan menggunakan sistem pengkodean yang unik, kerahasiaan data yang tinggi, dan mampu mengatasi gangguan atau *jamming* dengan baik. Akan tetapi, sistem CDMA juga mempunyai keterbatasan dalam kapasitas yang disebabkan adanya interferensi.

Salah satu alternatif untuk meningkatkan kapasitas maka digunakanlah metode partisi sel tersektorisasi dimana sel dibagi menjadi dua buah sel yang mempunyai radius yang berbeda. Sel yang mempunyai radius kecil disebut *inner cell* dan sel yang mempunyai radius besar disebut *outer cell*, pembedaan ini dilakukan dengan mengurangi tinggi antenna dan mengurangi daya pancar.

1.2 Tujuan

Tujuan Tugas Akhir ini adalah :

1. Mengetahui *Maximum Allowable Path Loss* (MAPL) untuk *inner cell* dan *outer cell* dengan cara analisis *link budget*.
2. Mengetahui jari-jari maksimum dari *inner cell* dan *outer cell* dengan menggunakan jenis model perambatan *outdoor* Walfish-Ikegami.
3. Mengetahui luas cakupan *inner cell* dan *outer cell*.
4. Mengetahui peningkatan kapasitas sel maksimum setelah mengalami partisi sel tersektorisasi.

1.3 Pembatasan Masalah

Pada tugas akhir ini pembahasan akan dibatasi pada hal-hal berikut ini :

1. Analisis *link budget* untuk *reverse link* dan *forward link*.
2. Kontrol daya yang digunakan adalah kontrol daya kalang terbuka (ideal).
3. Parameter yang digunakan untuk simulasi adalah parameter IS-95.
4. Prinsip sistem selular CDMA tidak dibahas secara matematis dan detail.
5. Prinsip kontrol daya tidak dibahas matematisnya, hanya berupa konsep dasar.
6. Sel yang digunakan adalah sel *omnidirectional* pada *inner cell* dan sel tersektorisasi pada *outer cell*.

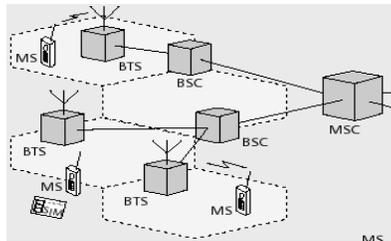
[1] Mahasiswa Teknik Elektro UNDIP

[2] Dosen Teknik Elektro UNDIP

II DASAR TEORI

2.1 Sistem Selular

Sel merupakan istilah untuk menunjukkan daerah cakupan sinyal yang digunakan dalam suatu wilayah geografi yang kecil. Dalam sistem selular pelayanan dibagi menjadi daerah-daerah yang lebih kecil (sel-sel) dan setiap sel dilayani oleh sebuah *base station*. Antara *base station* masing-masing sel saling terintegrasi oleh suatu MSC (*Mobile Switching Centre*).



Gambar 1 Arsitektur sistem selular.

2.2 Sistem Selular CDMA

CDMA merupakan teknik akses jamak yang menggunakan prinsip teknik komunikasi spektrum tersebar, menggunakan kanal frekuensi yang sama dan dalam waktu yang sama serta menerapkan penggunaan kode-kode yang unik untuk mengidentifikasi masing-masing pengguna. CDMA menggunakan kode-kode korelatif untuk membedakan satu pengguna dengan pengguna yang lain. Sinyal-sinyal CDMA tersebut pada penerima dipisahkan dengan menggunakan sebuah korelator yang hanya melakukan proses *dispreading* spektrum pada sinyal yang sesuai. Sinyal lain yang tidak cocok, tidak akan di-*despread* dan sebagai hasilnya sinyal-sinyal lain tersebut hanya menjadi derau.

2.3 Kapasitas Sel CDMA

Kapasitas sel CDMA bergantung pada banyak faktor, diantaranya adalah kontrol daya dan daya interferensi. Besarnya kapasitas sel dengan mengabaikan interferensi dan faktor lainnya dapat dirumuskan sebagai berikut:

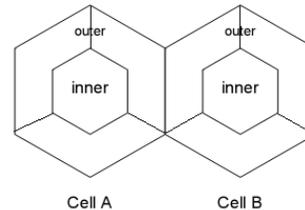
$$N = 1 + \frac{(W/R)}{(Eb/No)} \quad (1)$$

Dengan:

- W = Lebar pita sistem (MHz)
- R = *Bit Rate* (bps)
- N = Jumlah pengguna dalam satu sel
- Eb/No = Perbandingan energi bit terhadap kerapatan daya derau (dB)

2.4 Partisi Sel tersektorisasi

Partisi sel tersektorisasi dilakukan dengan cara membagi sel menjadi dua buah sel yang mempunyai radius yang berbeda. Sel yang mempunyai radius kecil disebut *inner cell* dan sel yang mempunyai radius besar disebut *outer cell* yang telah terbagi tiga sektor, perbedaan ini dilakukan dengan mengurangi tinggi antena, dimana antena *inner cell* lebih rendah dibandingkan antena *outer cell*, dan mengurangi juga daya yang pancarkan.



Gambar 2 Bentuk topologi partisi sel tersektorisasi.

2.5 Perhitungan Partisi Sel

Perhitungan kapasitas sel melalui tiga tahapan yaitu:

1. Menghitung *link budget* untuk mendapatkan *Maximum Allowable Path Loss* (MAPL) untuk *inner cell* dan *outer cell*.

Untuk *reverse link* MAPL dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{MAPL (dB)} = \text{EIRP}_{\text{tx}} - \text{Srx} + \text{Grx} - \text{Lrx} - \text{BL} - \text{FM} - \text{BPL} + \text{DG}$$

Dan untuk *forward link* dinyatakan pada persamaan sebagai berikut :

$$\text{MAPL (dB)} = \text{EIRP}_{\text{tx}} - \text{Srx} + \text{Grx} - \text{Lrx} - \text{BL} - \text{FM} - \text{BPL} \quad (2)$$

Dengan :

- EIRP_{tx} = EIRP pemancar (dBm).
- Srx = Sensitivitas penerima (dBm).
- Grx = Penguatan penerima (dBi).
- Lrx = Rugi-rugi penerima (dB).
- BL = *Body loss* (dB).
- FM = *Fade margin* (dB).
- BPL = *Building penetration loss* (dB).
- DG = *Diversity gain*.

2. Menghitung jari-jari dan luas sel dengan menggunakan beberapa jenis model perambatan *outdoor* Walfish-Ikegami.

3. Menghitung peningkatan kapasitas sel setelah partisi sel, yang dirumuskan sebagai berikut:

$$N_{\text{inner}} = \frac{P_i r_i^{\alpha} \left(1 + \frac{Eb/I_0}{W/R} \right)}{\left(\frac{Eb/I_0}{W/R} \right) (P_i r_i^{-\alpha} + \sum_{k=1}^2 \sum_{j=1}^6 P_{i,j} L_{i,j}^{-\alpha})} \quad (3)$$

Dan

$$N_{outer} = 3 \left(\frac{P_o r_o^{-\alpha} \left(1 + \frac{E_b/I_o}{W/R} \right)}{\left(\frac{E_b/I_o}{W/R} \right) (P_o r_o^{-\alpha} + \sum_{k=1}^B \sum_{j=1}^B P_{kj} L_{kj}^{-\alpha})} \right) \quad (4)$$

Dengan :

S/I = signal to interference ratio.

P_i = daya yang ditransmisikan pada *inner cell* (Watt).

P_o = daya yang ditransmisikan pada *outer cell* (Watt).

r_i = jari-jari pada *inner cell* (km).

r_o = jari-jari pada *outer cell* (km).

α = path loss exponents.

N_{inner} = kapasitas user pada *inner cell*.

N_{outer} = kapasitas user pada *outer cell*.

Dengan menjumlahkan jumlah kapasitas *inner cell* dan *outer cell* maka kapasitas total pada suatu sel adalah:

$$N_{total} = N_{inner} + N_{outer} \quad (5)$$

III PERANCANGAN SISTEM

3.1 Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan untuk menghitung kapasitas sel setelah dilakukan partisi sel dan sebelum dipartisi sel adalah borland delphi versi 7.0.

3.2 Penetapan Parameter-Parameter

Parameter-parameter yang digunakan dalam membuat simulasi ini didasarkan pada teori-teori dasar penunjang dan parameter sel CDMA standar internasional IS-95. Parameter-parameter tersebut antara lain :

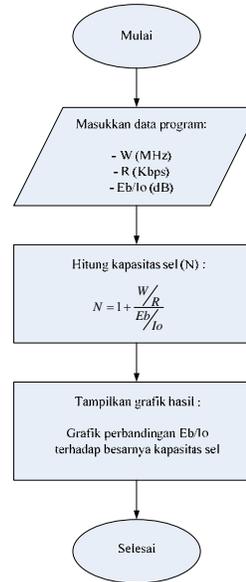
1. Lebar pita (W) = 1,25 MHz.
2. Kecepatan bit data (R) = 9,6 Kbps.
3. Daya pancar maksimum *mobile station* = 25 dBm.
4. Daya pancar maksimum *base station* = 40 dBm.
5. Frekuensi kerja (f) = 824 MHz – 849 MHz dan 1930 MHz – 1990 MHz.

3.3 Perhitungan Kapasitas tanpa Partisi Sel

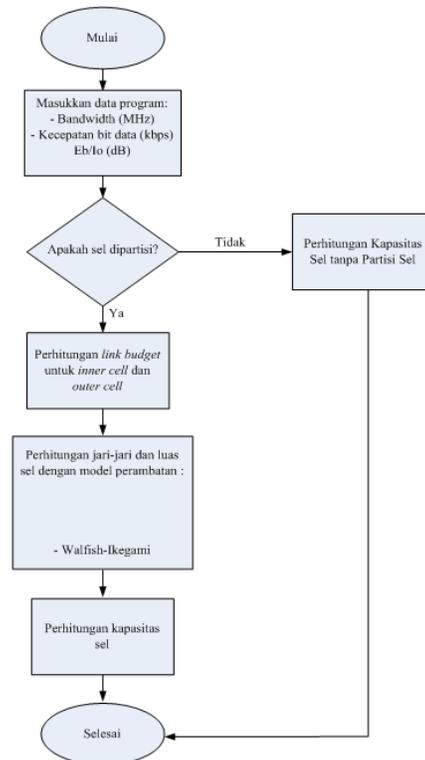
Pada perhitungan ini sel dianggap sel tunggal dan sistem dianggap ideal yang artinya sistem tidak memperhitungkan faktor interferensi, efek aktivitas suara dan efek kontrol daya. Untuk itulah digunakan persamaan 1. Bagan alir untuk menghitung kapasitas sel tanpa partisi sel dapat dilihat pada gambar 3.

3.4 Perhitungan Kapasitas dengan Partisi Sel

Pada perhitungan ini terbagi menjadi 3 bagian yaitu menghitung MAPL, menghitung jari-jari dan luas sel, serta menghitung kapasitas sel setelah dilakukan partisi sel. Secara umum, bagan perhitungan kapasitas dengan partisi sel dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 3 Bagan alir perhitungan kapasitas tanpa partisi sel.



Gambar 4 Bagan alir perhitungan kapasitas dengan partisi sel.

IV HASIL DAN ANALISIS

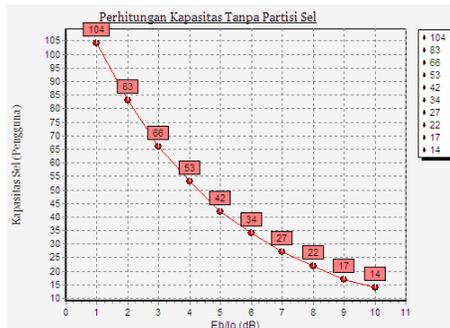
4.1 Perhitungan Kapasitas tanpa Partisi Sel

Hasil perhitungan ini dapat dilihat pada tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1 Pengaruh Eb/Io terhadap kapasitas sel dengan bandwidth (B) = 1,25 MHz dan kecepatan data(R) = 9,6 kbps.

Eb/Io (dB)	Kapasitas Sel (pengguna)
1	104
2	83
3	66
4	53
5	42
6	34
7	27
8	22
9	17
10	14

Dari tabel 1 dapat dilihat bahwa semakin besar nilai Eb/Io maka jumlah kapasitas sel akan semakin sedikit. Peningkatan nilai Eb/Io akan menjadikan kualitas suara akan menjadi lebih bagus sedangkan peningkatan jumlah kapasitas dapat menyebabkan kualitas suara menjadi buruk dikarenakan adanya interferensi. Oleh karena itu, dapat diambil kesimpulan bahwa jumlah kapasitas sel berbanding terbalik dengan nilai Eb/Io. Dan digambarkan gambar 5 dalam grafik berikut



Gambar 5 Grafik perhitungan kapasitas tanpa partisi sel.

4.2 Perhitungan Kapasitas dengan Partisi Sel

4.2.1 Perhitungan MAPL

Perhitungan MAPL dibedakan berdasarkan lokasi keberadaan *mobile station* yaitu di dalam gedung dan di ruang bebas (*free space*). Untuk yang di dalam gedung dibedakan berdasarkan struktur yang dibuat manusia (*human-made structure*) dan keadaan alami daerah yaitu antara lain daerah urban, suburban dan rural. Tabel 2 menampilkan hasil perhitungan MAPL baik *inner cell* maupun *outer cell* untuk beberapa tipe daerah.

Tabel 2 Hasil perhitungan analisis *link budget* untuk beberapa tipe daerah

Building Penetration Loss	Daerah	MAPL <i>inner</i>		MAPL <i>outer</i>	
		rev (dB)	for (dB)	rev (dB)	for (dB)
0 dB	<i>free space</i>	134.4	133.4	142.4	146.4
10 dB	suburban dan rural	124.4	123.4	132.4	136.4
15 dB	urban	119.4	118.4	127.4	131.4

Dari tabel 2 terlihat bahwa nilai MAPL *outer cell* dan *inner cell* yang terbesar terletak di daerah *free space*, sedangkan yang terkecil terletak di daerah urban. Hal itu menjelaskan bahwa semakin kecil nilai *building penetration loss* maka akan didapatkan nilai MAPL yang makin besar begitu juga sebaliknya jika semakin besar nilai *building penetration loss* maka akan didapatkan nilai MAPL yang makin kecil.

4.2.2 Perhitungan Jari-jari dan Luas Sel

Pada perhitungan ini diperlukan nilai MAPL dan juga digunakan model perambatan di luar ruangan (*outdoor*) yaitu Walfish Ikegami. Penggunaan beberapa model perambatan tersebut dimaksudkan untuk membandingkan jari-jari maksimum dan luas suatu sel dari model perambatan yang digunakan. Tabel 3 menampilkan hasil perhitungan jari-jari dan luas sel dengan menggunakan model perambatan di atas.

Tabel 3 Hasil perhitungan jari-jari dan luas sel.

Jenis sel	Daerah	Parameter masukan						Parameter keluaran	
		MAPL (dB)	Tinggi base station (m)	Tinggi mobile station (m)	Tinggi penghalang (m)	Lebar jalan (m)	Jarak antar gedung (m)	Jari-jari sel (km)	Luas sel (km ²)
<i>Inner cell</i>	Urban	119.4	40	1.5	30	15	55	0.28	0.20
	Sub urban	124.4	40	1.5	30	15	55	0.38	0.38
	<i>free space</i>	134.4	40	1.5	30	15	55	0.7	1.26
<i>Outer cell</i>	Urban	124.4	50	1.5	30	15	55	0.62	1.00
	Sub urban	138.4	50	1.5	30	15	55	0.84	1.83
	<i>free space</i>	142.4	50	1.5	30	15	55	1.54	6.14

Dari tabel 3 terlihat bahwa jari-jari dan luas sel, baik *inner cell* maupun *outer cell* pada daerah urban lebih kecil daripada daerah suburban, rural dan *free space*. Hal itu dikarenakan nilai MAPL untuk daerah urban lebih kecil dibandingkan daerah suburban, rural dan *free space*.

4.2.3 Perhitungan Kapasitas Sel

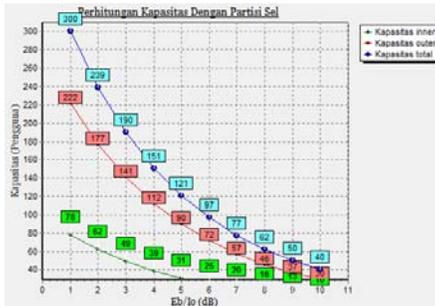
Simulasi ini merupakan langkah terakhir dalam simulasi perhitungan peningkatan kapasitas sel dengan metode partisi sel tersektorisasi. Tujuannya adalah untuk mendapatkan nilai kapasitas suatu sel yang

menggunakan metode partisi sel dan kemudian hasilnya akan dibandingkan dengan kapasitas sel yang tidak menggunakan metode partisi sel. Nilai kapasitas suatu sel yang menggunakan metode partisi sel tentunya akan ada perbedaan tergantung penggunaan parameter lainnya.

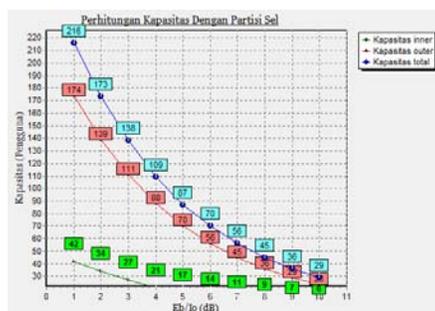
Tabel 4 Hasil perhitungan kapasitas dengan partisi sel untuk beberapa model perambatan *outdoor*.

Eb/lo (dB)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kapasitas pengguna	Urban	300	239	190	151	121	97	77	62	50	40
	Sub urban	216	173	138	109	87	70	56	45	36	29
	freespace	131	105	83	67	53	42	33	27	22	18

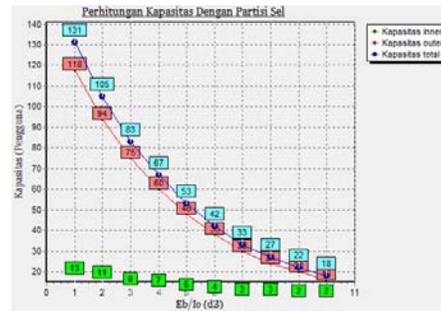
Dari tabel 4 terlihat bahwa juga berlaku semakin besar nilai Eb/lo maka jumlah kapasitas sel semakin kecil, seperti yang tergambar pada grafik yang ditampilkan pada gambar 6, 7 dan 8 yang terinci dengan *inner* dan *outer* sel berikut



Gambar 6 Grafik perbandingan kapasitas *inner cell*, *outer cell* dan kapasitas total untuk daerah urban dengan model Walfish-Ikegami.



Gambar 6 Grafik perbandingan kapasitas *inner cell*, *outer cell* dan kapasitas total untuk daerah suburban dengan model Walfish-Ikegami.



Gambar 8 Grafik perbandingan kapasitas *inner cell*, *outer cell* dan kapasitas total untuk daerah *freespace* dengan model Walfish-Ikegami.

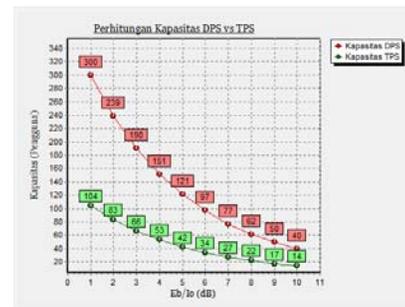
4.2.4 Perbandingan Kapasitas tanpa Partisi Sel dan Kapasitas dengan Partisi Sel

Dengan dilakukannya partisi sel tersektorisasi maka diharapkan kapasitas sel mengalami peningkatan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.5 sebagai berikut:

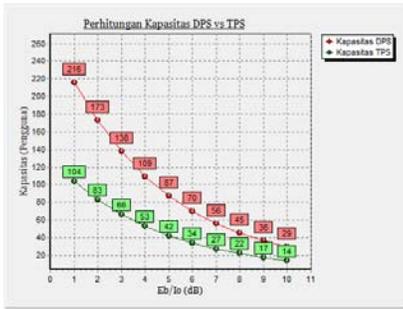
Tabel 5 Perbandingan kapasitas sel setelah dan sebelum partisi sel

Eb/lo (dB)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kapasitas tanpa Partisi Sel (pengguna)		104	83	66	53	42	34	27	22	17	14
Kapasitas dengan Partisi Sel Tersektorisasi (pengguna)	Urban	300	239	190	151	121	97	77	62	50	40
	Suburban	216	173	138	109	87	70	56	45	36	29
	freespace	131	105	83	67	53	42	33	27	22	18

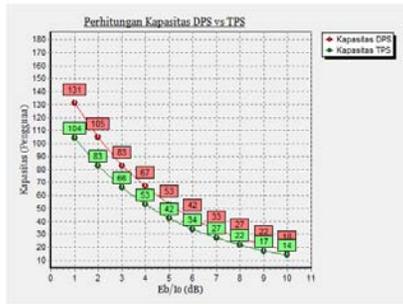
Dari tabel 5 terlihat bahwa bila dibandingkan kapasitas tanpa partisi sel dengan partisi sel tersektorisasi terjadi peningkatan kapasitas yang sangat berarti. Perbandingan grafis disajikan pada gambar 9, 10 dan 11.



Gambar 9 Grafik perbandingan kapasitas tanpa partisi sel dan kapasitas dengan partisi sel tersektorisasi model Walfish-Ikegami untuk daerah urban.



Gambar 10 Grafik perbandingan kapasitas tanpa partisi sel dan kapasitas dengan partisi sel tersektorisasi model Walfish-Ikegami untuk daerah suburban.



Gambar 11 Grafik perbandingan kapasitas tanpa partisi sel dan kapasitas dengan partisi sel tersektorisasi model Walfish-Ikegami untuk daerah *freespace*.

V PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu :

1. Peningkatan nilai E_b/I_o menyebabkan jumlah kapasitas sel akan menurun, baik untuk sel yang dipartisi tersektorisasi maupun sel yang tidak dipartisi.
2. Pada simulasi analisis *link budget* diperoleh *Maximum Allowable Path Loss* (MAPL) untuk *inner cell* dan *outer cell* dimana untuk tiap daerah menghasilkan MAPL berbeda-beda.
3. Terjadi peningkatan kapasitas hampir 3 kali (2,89 kali) di daerah urban, 2 kali (2,08 kali) di daerah suburban dan 1,25 kali di daerah rural dengan partisi sel tersektorisasi dibandingkan dengan sel tanpa partisi tersektorisasi.
4. Kapasitas sel setelah dilakukan partisi sel untuk daerah urban lebih besar dibandingkan daerah suburban, rural atau *free space*.
5. Model Walfish-Ikegami cocok digunakan dalam partisi sel tersektorisasi ini, baik untuk daerah urban maupun suburban,

karena hasil partisi sel lebih tinggi dibandingkan kapasitas sel tanpa partisi sel.

5.2 Saran

Untuk pengembangan sistem lebih lanjut, maka penulis memberikan saran-saran sebagai berikut:

1. Dalam analisis jari-jari dan luas sel partisi tersektorisasi digunakan model perambatan *outdoor* yang lain.
2. Untuk menambah parameter-parameter yang lain untuk menentukan kapasitas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Yang, Samuel., *CDMA RF System Engineering*, Artech House, London, 1999.
- [2] Freeman, R. L., *Telecommunications Transmission*, John Willey and Sons Inc, Canada, 1998.
- [3] Johana, Tutun., *Mobile Communication*, Institut Teknologi Bandung, <http://www.eeitb.ac.id>.
- [4] Lee, W. C. Y., *Mobile Cellular Telecommunication System*, Mc Graw Hill, 1999.
- [5] Rappaport, Theodore., *Wireless Communications*, Prentice Hall Inc, New Jersey, 1999.
- [6] Santoso, Gatot., *Sistem Seluler CDMA*, Graha Ilmu, Yogyakarta, 2004.
- [7] Santoso, Gatot., *Sistem Seluler WCDMA*, Graha Ilmu, Yogyakarta, 2005.
- [8] Sunomo., *Pengantar Sistem Komunikasi Nirkabel*, Grasindo, Jakarta, 2004.
- [9] Turner, Brough and Marc Orange. *3G Tutorial*. <http://www.nmscommunications.com>.
- [10] Ulvan, Melvi., *Peningkatan Kapasitas Sel CDMA pada Daerah Urban dengan Partisi Sel*. Universitas Lampung.
- [11] -----, *Modul 02 Sistem Komunikasi Bergerak Konsep Dasar Sistem Cellular*, Jurusan Teknik Elektro STT Telkom Bandung, 2006.
- [12] -----, *Modul 04 Sistem Komunikasi Bergerak Propagasi Gelombang Radio pada Sistem Cellular*, Jurusan Teknik Elektro STT Telkom Bandung, 2008.
- [13] Setiawan, Aksto, *Peningkatan Kapasitas Sel CDMA Dengan Metode Partisi Sel*. Universitas Diponegoro.



Muchamad Reza Faizin
(L2F 004 455)

Lahir di Semarang, saat ini sedang melanjutkan studi pendidikan strata I di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Konsentrasi Elektronika dan Telekomunikasi.

Mengetahui dan mengesahkan,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ajub Ajulian Zahra, ST, MT
NIP. 132 205 684

Darjat, ST, MT
NIP. 132 231 135