

Makalah Seminar Tugas Akhir

PENINGKATAN KAPASITAS SEL CDMA DENGAN METODE PARTISI SEL

Aksto Setiawan^[1], Imam Santoso, ST, MT^[2], Ajub Ajulian Zahra, ST, MT^[2]

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

Abstrak

Code Division Multiple Access (CDMA) merupakan teknologi digital selular terbaru 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. Untuk mengatasi keterbatasan kapasitas sel maka digunakanlah metode partisi sel. Partisi sel akan 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, perbedaan ini dilakukan dengan mengurangi tinggi antena dan mengurangi daya pancar.

Dalam tugas akhir ini akan dianalisis tentang kapasitas sel CDMA tanpa partisi sel dan peningkatan kapasitas sel CDMA dengan menggunakan metode partisi sel. Metode partisi sel dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu analisis link budget untuk menentukan Maximum Allowable Path Loss (MAPL) untuk inner cell dan outer cell, menghitung jari-jari dari masing-masing sel dengan menggunakan beberapa jenis model perambatan outdoor yaitu Free Space, Lee, Hata, COST-231 Hata dan Walfish-Ikegami, dan menghitung peningkatan kapasitas sel setelah partisi sel.

Setelah dilakukan analisis maka didapatkan hasil bahwa peningkatan nilai Eb/Io menyebabkan jumlah kapasitas sel akan menurun. Pada analisis link budget nilai MAPL terbesar terletak di daerah free space sedangkan nilai yang terkecil terletak di daerah urban. Jari-jari dan luas sel akan kecil jika terletak di daerah urban untuk apapun model perambatannya, terkecuali free space. Kapasitas sel setelah dilakukan partisi sel untuk daerah urban lebih besar dibandingkan daerah suburban, rural dan free space. Model Walfish-Ikegami cocok digunakan dalam partisi sel, baik untuk daerah urban maupun suburban, karena hasil partisi sel lebih tinggi dibandingkan kapasitas sel tanpa partisi sel.
Kata kunci : CDMA, partisi sel, inner cell, outer cell, link budget, kapasitas sel.

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peningkatan kebutuhan jasa telekomunikasi khususnya untuk komunikasi bergerak diiringi dengan meningkatnya penggunaan sistem komunikasi radio. Hal ini mengakibatkan alokasi frekuensi radio yang tersedia semakin lama akan semakin padat. Berbagai upaya telah dilakukan untuk memberikan kepuasan untuk pengguna jasa telekomunikasi diantaranya adalah dengan diciptakannya teknologi CDMA.

Code Division Multiple Access (CDMA) merupakan teknologi digital selular terbaru 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.

Solusi konvensional yang biasa digunakan oleh perencana selular untuk mengatasi masalah keterbatasan dalam kapasitas adalah dengan membuat sel baru dengan frekuensi yang berbeda. Akan tetapi hal ini menjadi tidak efektif dan efisien bilamana pertumbuhan *user* hanya terjadi satu lokasi tertentu saja. Selain itu dengan terbatasnya alokasi frekuensi, penggunaan pada spektrum tertentu menjadi lebih sulit. Untuk mengatasi masalah tersebut maka digunakanlah metode partisi sel 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*, perbedaan ini dilakukan dengan mengurangi tinggi antena dan mengurangi daya pancar.

1.2 Tujuan

Tujuan penyusunan tugas akhir ini antara lain adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui *Maximum Allowable Path Loss (MAPL)* untuk *inner cell* dan *outer cell* dengan cara analisis *link budget*.
2. Mengetahui jari-jari dan luas cakupan dari *inner cell* dan *outer cell* dengan menggunakan beberapa jenis model perambatan *outdoor* yaitu *Free Space*, Lee, Hata, COST-231 Hata, dan Walfish-Ikegami.
3. Mengetahui peningkatan kapasitas sel setelah partisi sel.

1.3 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah pada tugas akhir ini yaitu:

1. Analisis *link budget* hanya untuk *reverse link* saja.
2. Kontrol daya yang digunakan adalah kontrol daya kalang terbuka (ideal).
3. Parameter yang digunakan untuk simulasi adalah parameter IS-95.

[1] Mahasiswa Teknik Elektro UNDIP

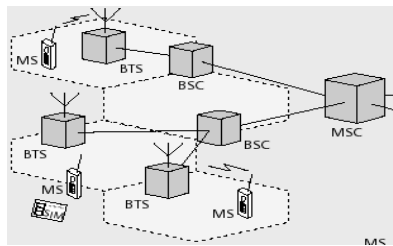
[2] Dosen Teknik Elektro UNDIP

4. Prinsip sistem seluler 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*.

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:

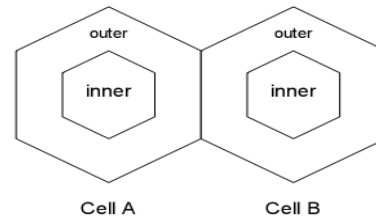
$$N = 1 + \frac{(W/R)}{(Eb/No)} \quad (1)$$

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

Partisi sel 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*, pembedaan ini dilakukan dengan mengurangi tinggi antenna, dimana antenna *inner cell* lebih rendah dibandingkan antenna *outer cell*, dan mengurangi juga daya yang pancarkan.



Gambar 2 Bentuk topologi partisi sel.

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:

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

Dengan :

- EIRP_{tx} = EIRP pemancar (dBm).
- S_{rx} = Sensitivitas penerima (dBm).
- Gr_x = Penguatan penerima (dBi).
- L_{rx} = 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* yaitu *Free Space*, Lee, Hata, COST-231 Hata dan Walfish-Ikegami.

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

$$N_{\text{inner}} = \frac{P_i r_i^{-\alpha} \left(1 + \frac{Eb/No}{W/R}\right)}{\left(\frac{Eb/No}{W/R}\right) (P_i r_i^{-\alpha} + \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^K P_{k,j} I_{k,j}^{-\alpha})} \quad (3)$$

Dan

$$N_{outer} = \frac{P_o r_o^{-\alpha} \left(1 + \frac{Eb/I_o}{W/R}\right)}{\left(\frac{Eb/I_o}{W/R}\right) (P_o r_o^{-\alpha} + \sum_{k=1}^N \sum_{j=1}^N P_{k,j} r_{k,j}^{-\alpha})} \quad (4)$$

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* = 23 dBm.
4. Daya pancar maksimum *base station* = 40 dBm.
5. Frekuensi kerja (f) = 824 MHz – 849 MHz dan 1930 MHz – 1990 MHz.

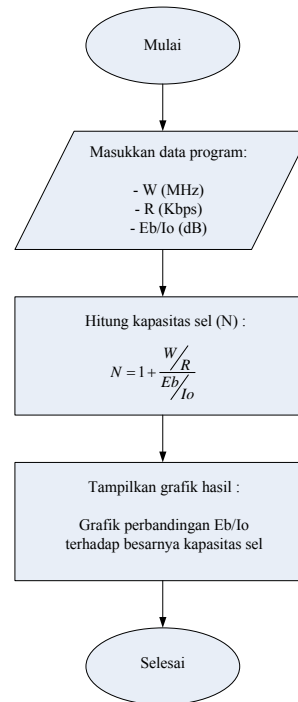
3.3 Perhitungan Kapasitas tanpa Partisi Sel

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.

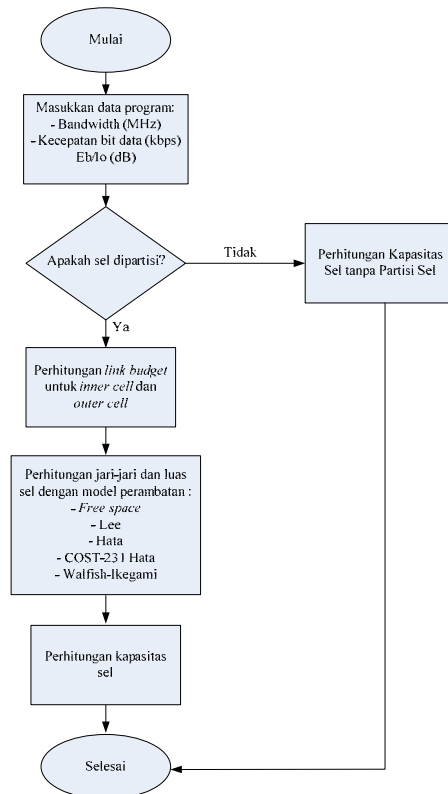
3.4 Perhitungan Kapasitas dengan Partisi Sel

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.

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>
0 dB	<i>free space</i>	145.4 dB	148.4 dB
10 dB	suburban dan rural	135.4 dB	138.4 dB
15 dB	urban	130.4 dB	133.4 dB

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*) diantaranya adalah model *Free Space*, Lee, Hata, COST-231 Hata dan Walfish Ikegami. Penggunaan beberapa model perambatan tersebut dimaksudkan untuk membandingkan jari-jari maksimum dan luas suatu sel dari masing-masing model perambatan yang digunakan. Tabel 3 menampilkan hasil perhitungan jari-jari dan luas sel dengan menggunakan kelima model perambatan di atas.

Tabel 3 Hasil perhitungan jari-jari dan luas sel.

Model perambatan	Daerah	Frekuensi <i>inner</i> dan <i>outer</i> (MHz)	Jari-jari <i>inner</i> (km)	Jari-jari <i>outer</i> (km)	Luas <i>inner</i> (km ²)	Luas <i>outer</i> (km ²)
Free space	<i>free space</i>	1931.75 dan 1930.5	231.23	326.84	139018.15	277737.40
Lee	Urban	-	7.23	9.72	135.91	245.73
	Suburban dan Rural		9.76	13.12	247.56	447.59
Hata	Urban	831.75 dan 830.5	1.56	2.11	6.29	11.59
	Suburban		2.18	2.97	12.31	22.96
	Rural		944.95	1445.72	2321601.2	5434254.7
COST-231 Hata	Urban	1931.75 dan 1930.5	1.06	1.43	2.94	5.3
	Suburban		1.82	2.46	8.58	15.77
Walfish-Ikegami	Urban	1931.75 dan 1930.5	0.55	0.89	0.78	2.06
	Suburban		0.74	1.21	1.42	3.78

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*. Untuk model Lee nilai jari-jari dan luas sel pada daerah suburban dan rural bernilai sama, sedangkan untuk model Hata berbeda. Hal itu dikarenakan pada model Hata dalam perhitungan jari-jari selnya memiliki rumus yang berbeda antara daerah suburban dan rural, sedangkan untuk model Lee tidak memiliki rumus yang khusus untuk membedakan daerah yang satu dengan yang lain.

4.2.3 Perhitungan Kapasitas Sel

Simulasi ini merupakan langkah terakhir dalam simulasi perhitungan peningkatan kapasitas sel dengan metode partisi sel. 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 dari model perambatan yang digunakan dan juga penggunaan parameter lainnya. Tabel 4 menampilkan hasil perhitungan kapasitas sel dengan menggunakan lima model perambatan yang berbeda.

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

Eb/lo (dB)	Kapasitas dengan Partisi Sel (pengguna)									
	Free Space	Lee		Hata			COST-231 Hata		Walfish-Ikegami	
		Urban	Sub-urban dan Rural	Urban	Sub-urban	Rural	Urban	Sub-urban	Urban	Sub-urban
1	58	139	97	140	99	61	139	98	154	112
2	46	111	78	111	79	49	110	79	123	90
3	36	88	62	89	63	38	88	62	98	71
4	29	70	49	71	50	31	70	49	78	57
5	24	56	39	56	40	25	56	40	62	45
6	19	44	32	45	32	20	44	32	49	36
7	15	36	25	36	25	16	36	25	40	29
8	12	28	20	29	21	13	28	21	32	24
9	10	23	17	23	17	11	23	17	25	19
10	8	18	13	18	13	9	18	13	20	15

Dari tabel 4 terlihat bahwa semakin besar nilai Eb/lo maka jumlah kapasitas sel semakin kecil. Kapasitas untuk daerah urban lebih besar dibandingkan daerah suburban dan rural untuk apapun model perambatan yang digunakan, terkecuali, model *free space*. Selain itu dari tabel 4 terlihat bahwa model Walfish-Ikegami memiliki kapasitas yang lebih besar jika dibandingkan dengan model perambatan lainnya. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa model Walfish-Ikegami merupakan model yang cocok digunakan dalam partisi sel jika dibandingkan model perambatan lainnya.

4.3 Perbandingan Kapasitas tanpa Partisi Sel dan Kapasitas dengan Partisi Sel

Dengan dilakukannya partisi sel maka diharapkan kapasitas sel mengalami peningkatan. Akan tetapi, dalam analisis yang telah dilakukan ternyata penggunaan model perambatan sangat menentukan peningkatan kapasitas sel dengan metode partisi sel. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.5 sebagai berikut:

Tabel 4 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 (pengguna)	Free space	58	46	36	29	24	19	15	12	10	8	
	Lee	Urban	139	111	88	70	56	44	36	28	23	18
		Suburban dan rural	97	78	62	49	39	32	25	20	17	13
	Hata	Urban	140	111	89	71	56	45	36	29	23	18
		Suburban	99	79	63	50	40	32	25	21	17	13
		Rural	61	49	38	31	25	20	16	13	11	9
	COST-231 Hata	Urban	139	110	88	70	56	44	36	28	23	18
		Suburban	98	79	62	49	40	32	25	21	17	13
	Walfish-Ikegami	Urban	154	123	98	78	62	49	40	32	25	20
		Suburban	112	90	71	57	45	36	29	24	19	15

Dari tabel 5 terlihat bahwa kapasitas sel dengan partisi sel yang menggunakan model perambatan *free space* ternyata hasilnya lebih kecil dibandingkan kapasitas sel tanpa partisi sel. Dengan demikian model *free space* tidak cocok digunakan dalam partisi sel. Selain itu, penggunaan model perambatan Lee, Hata dan COST-231 Hata pada daerah selain urban ternyata menghasilkan kapasitas yang lebih kecil dibandingkan kapasitas sel tanpa partisi sel. Dengan demikian model Lee, Hata dan COST-231 Hata cocok digunakan dalam partisi sel jika daerahnya adalah daerah urban. Untuk model Walfish-Ikegami, baik daerah urban maupun suburban, ternyata menghasilkan kapasitas yang lebih besar dibandingkan kapasitas tanpa partisi sel. Dengan demikian model Walfish-Ikegami sangat cocok digunakan dalam partisi sel.

V PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

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

1. Peningkatan nilai Eb/lo menyebabkan jumlah kapasitas sel akan menurun, baik untuk sel yang dipartisi 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. Nilai MAPL terbesar terletak di daerah *free space* sedangkan nilai yang terkecil terletak di daerah urban. Hal itu berlaku untuk inner cell dan outer cell.
3. Jari-jari dan luas sel akan besar jika terletak di daerah *free space* dan rural. Akan tetapi untuk daerah rural yang menggunakan model perambatan Lee maka jari-jari dan luas selnya

akan memiliki nilai yang sama dengan daerah suburban. Jari-jari dan luas sel akan kecil jika terletak di daerah urban untuk apapun model perambatannya, terkecuali *free space*.

4. Model Lee menghasilkan jari-jari dan luas sel yang lebih besar daripada model Hata, COST-231 Hata dan Walfish-Ikegami untuk daerah urban dan suburban.
5. Model Walfish-Ikegami menghasilkan jari-jari dan luas sel yang lebih kecil daripada model Hata, COST-231 Hata dan Lee untuk daerah urban dan suburban.
6. Kapasitas sel setelah dilakukan partisi sel untuk daerah urban lebih besar dibandingkan daerah suburban dan rural.
7. Model Walfish-Ikegami merupakan model perambatan yang menghasilkan kapasitas sel setelah partisi sel terbesar untuk daerah urban dan suburban.
8. Model *free space* tidak cocok digunakan dalam partisi sel karena hasilnya lebih rendah dibandingkan kapasitas sel tanpa partisi sel.
9. Model Lee, Hata dan COST-231 Hata cocok digunakan dalam partisi sel hanya untuk daerah urban, sedangkan untuk daerah suburban dan rural tidak cocok karena hasilnya lebih rendah dibandingkan kapasitas sel tanpa partisi sel.
10. Model Walfish-Ikegami cocok digunakan dalam partisi sel, 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. Penggunaan *forward link* untuk analisis *link budget* yang menghasilkan MAPL.
2. Dalam analisis jari-jari dan luas sel digunakan model perambatan *outdoor* yang lain.

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] Rauf M, Fadli Permata, M Subhan dan Dwi Esti. *Trafik pada Selular*.
- [7] Rinne, Jukka., *COST-231 Path Loss Models*, Tampere University of Technology, 2003.
- [8] Santoso, Gatot., *Sistem Seluler CDMA*, Graha Ilmu, Yogyakarta, 2004.
- [9] Santoso, Gatot., *Sistem Seluler WCDMA*, Graha Ilmu, Yogyakarta, 2005.
- [10] Sunomo., *Pengantar Sistem Komunikasi Nirkabel*, Grasindo, Jakarta, 2004.
- [11] Turner, Brough and Marc Orange. *3G Tutorial*. <http://www.nmscommunications.com>.
- [12] Ulvan, Melvi., *Peningkatan Kapasitas Sel CDMA pada Daerah Urban dengan Partisi Sel*. Universitas Kristen Petra, <http://www.petra.ac.id>.
- [13] -----, *Modul 02 Sistem Komunikasi Bergerak Konsep Dasar Sistem Cellular*, Jurusan Teknik Elektro STT Telkom Bandung, 2006.
- [14] -----, *Modul 04 Sistem Komunikasi Bergerak Propagasi Gelombang Radio pada Sistem Cellular*, Jurusan Teknik Elektro STT Telkom Bandung, 2008.



Aksto Setiawan (L2F 004 455)

Lahir di Purbalingga, 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

Imam Santoso, ST, MT
NIP. 132 162 546

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