

Analisis Aspek-Aspek Perencanaan BTS pada Sistem Telekomunikasi Selular Berbasis CDMA

Rika Sustika

LIPI Pusat Penelitian Informatika

rika@informatika.lipi.go.id

Abstrak

Telah dilakukan analisis terhadap aspek-aspek yang berpengaruh pada penentuan jumlah BTS (Base station Transceiver Subsystem) yang optimal dalam sistem telekomunikasi selular berbasis CDMA (Code Division Multiple Access). Parameter yang dianalisis adalah kapasitas trafik dan coverage (luas daerah layanan) yang mampu dilayani oleh satu BTS serta trafik dan coverage yang harus dilayani sistem. Kapasitas trafik satu BTS dihitung dengan menentukan jumlah kanal, sektorisasi antena, besar band frekuensi yang dialokasikan, dan grade of service yang ditawarkan. Coverage satu BTS dihitung dengan menentukan redaman lintasan maksimum yang besarnya dipengaruhi kondisi fisik lingkungan. Kapasitas trafik demand ditentukan dengan menganalisis jumlah pelanggan serta besar kapasitas trafik setiap pelanggan (Erlang/pelanggan). Parameter demand kemudian dibandingkan dengan parameter satu BTS. Hasil yang diperoleh adalah jumlah BTS yang akan dipasang untuk melayani para pelanggan tersebut. Untuk contoh aplikasi di daerah Bandung diperlukan delapan buah macro-BTS dengan antena tiga sektor dan menggunakan dua frekuensi pembawa.

Kata kunci: BTS, CDMA kapasitas, trafik, coverage

1. Pendahuluan

Teknologi informasi dan telekomunikasi merupakan salah satu teknologi yang pertumbuhannya cepat sekali. Hal ini ditandai dengan bertambahnya jutaan pelanggan sistem *wireless* (selular) di dunia setiap tahunnya. Pertumbuhan pelanggan selular yang cepat ini tidak hanya terjadi di kota-kota besar melainkan sudah sampai ke kota-kota kecil bahkan pedesaan. Hal ini tentu saja memerlukan tersedianya infrastruktur jaringan yang mampu melayani pelanggan dengan kualitas yang baik dan memuaskan. Parameter untuk melihat kualitas layanan diantaranya adalah persentase berhasilnya panggilan yang dilakukan (*call success ratio*) dan tidak terputusnya hubungan pada saat berkomunikasi (*call completion ratio*). Pada saat ini sistem selular juga telah memasuki generasi ketiga dimana telepon mobile tidak hanya untuk komunikasi suara, melainkan

juga untuk mengakses data (*internet mobile*). Hal ini menuntut jaringan sistem telekomunikasi yang dibangun harus mampu melayani komunikasi data dengan kecepatan yang tinggi

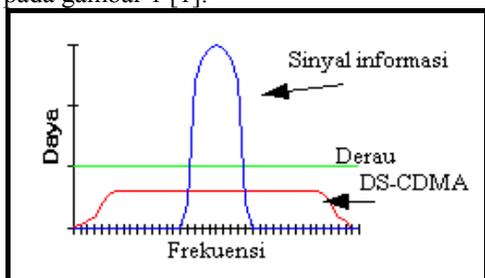
Untuk bisa membangun suatu jaringan atau infrastruktur yang dapat melayani pelanggan dengan kualitas yang baik diperlukan perencanaan yang baik pula sehingga nilai investasi yang ditanamkan bisa optimal. Dalam suatu perencanaan sistem selular, spektrum frekuensi merupakan salah satu faktor yang harus mendapat perhatian karena selama ini alokasi frekuensi untuk suatu sistem selular sangat terbatas. Salah satu metoda akses yang digunakan untuk mengatasi keterbatasan frekuensi sehingga lebih banyak kapasitas, lebih baik kualitas, dan dapat mendukung kebutuhan komunikasi generasi ketiga adalah CDMA (*Code Division Multiple Access*). Pada kesempatan ini akan dilakukan analisis terhadap aspek-aspek perencanaan sel (BTS) jaringan sistem

telekomunikasi selular yang berbasis CDMA (*Code Division Multiple Access*). Perencanaan hanya akan dilakukan sampai tahap penentuan jumlah BTS awal, belum sampai tahap optimasi.

2. Teori

2.1 Prinsip dasar metoda akses CDMA

CDMA (*Code Division Multiple Access*) adalah salah satu teknik akses jamak yang membedakan satu pengguna dengan pengguna lain berdasarkan kode-kode unik yang digunakan dalam proses pengkodean (*encoding*). CDMA berbasis pada teknik *spread spectrum*, yaitu metoda yang menebarkan sinyal informasi dalam *bandwidth* transmisi yang jauh lebih lebar sehingga rapat spektral daya transmisi menjadi lebih rendah daripada spektral daya informasi asal. Ilustrasinya dapat dilihat pada gambar 1 [1].

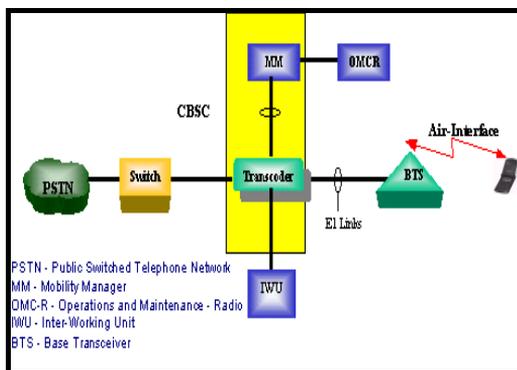


Gambar 1 Prinsip dasar penyebaran sinyal DS-CDMA

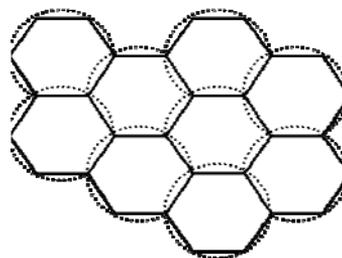
2.2 Arsitektur jaringan sistem telekomunikasi selular CDMA

Arsitektur jaringan sistem selular CDMA dapat digambarkan secara sederhana pada gambar 2[2].

Yang dimaksud satu sel dalam perencanaan ini adalah satu BTS (*Base station Transceiver Subsystem*) yang melayani sejumlah pelanggan dengan asumsi sel berbentuk segi enam beraturan. Gambaran mengenai model sel segi enam beraturan dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 2 Arsitektur jaringan sistem selular CDMA



Gambar 3 Model sel segi enam beraturan

Model sel berbentuk segienam ini digunakan agar peletakan BTS (di pusat sel) bisa mencakup seluruh daerah layanan.

2.3 Kapasitas sistem CDMA

Dalam sistem CDMA, setiap pengguna dibedakan dengan kode-kode yang unik, sehingga pengguna dapat melakukan panggilan dalam *band* frekuensi yang sama dan dalam waktu yang bersamaan. Meskipun demikian tidak berarti jumlah pelanggan yang bisa melakukan panggilan secara bersamaan dalam sistem CDMA menjadi tidak terbatas. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kapasitas maksimum pada sistem CDMA, diantaranya adalah faktor interferensi pada *reverse link*, faktor pembebanan dari sel lain, sektorisasi antena, dan deteksi terhadap aktivitas suara [3].

Pada umumnya setiap *vendor* penyedia infrastruktur telah menyatakan besar jumlah kanal maksimum yang dapat disediakan dalam satu sinyal pembawa (1,25 MHz). Kapasitas trafik tergantung pada jumlah kanal, sektorisasi antena, dan *grade of service* (GOS) yang ditawarkan. *Grade of service* menyatakan besarnya probabilitas

panggilan yang ditolak pada jam sibuk. Dengan menggunakan parameter-parameter tersebut di atas, besar kapasitas trafik (dalam satuan erlang) dapat dihitung dengan persamaan berikut [3].

$$P(\text{blocking}) = \frac{\rho^c}{C!} \quad (1)$$

$$\sum_{i=0}^c \frac{\rho^i}{i!}$$

Dimana C adalah jumlah kanal dan ρ adalah trafik *demand*.

2.4 Coverage sel sistem CDMA

Menghitung *coverage* (luas satu sel) pada sistem komunikasi bergerak selular berarti menentukan besar jarak terjauh (jari-jari sel) antara BTS dengan terminal pelanggan. Untuk sistem CDMA, *coverage* lebih dibatasi oleh *link budget* pada *reverse link* (dari terminal pelanggan ke BTS) [3]. Analisis *link budget* berhubungan dengan penentuan redaman lintasan (*path loss*) maksimum dan penentuan jari-jari sel dari redaman lintasan tersebut dengan menggunakan model propagasi yang sesuai dengan kondisi daerah layanan dan sistem yang digunakan. Persamaan untuk mencari besar redaman lintasan maksimum yang diperbolehkan dapat dilihat pada persamaan 2 berikut ini [5].

$$PL = P_t - L_t + G_t + G_r - \{Eb/No + 10 \log R + 10 \log k + 10 \log T_0 + NF - 10 \log(1-X) + FM\} \quad (2)$$

Dimana :

- PL = redaman lintasan maksimum
- P_t = daya pancar pengirim
- L_t = redaman kabel pengirim
- G_t = penguatan antena pengirim
- G_r = penguatan antena penerima
- FM = cadangan *fading*
- Eb/No = *Energy bit to noise power density*

density

- R = kecepatan data
- k = konstanta Boltzman ($1,83 \cdot 10^{-23}$)
- T_0 = suhu (290 K)
- NF = *noise figure*
- X = faktor pembebanan sel

Cadangan *fading* dialokasikan untuk mengantisipasi naik turunnya sinyal dengan cepat yang disebabkan oleh propagasi

multipath serta naik turunnya sinyal secara lambat yang disebabkan oleh efek *shadowing*. Cadangan *fading* untuk mengatasi terjadinya efek *shadowing* (FM₁) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3 [3].

$$P_r(r > R) = \frac{1}{2} \left[1 + \operatorname{erf} \frac{\bar{r} - R}{\sqrt{2}\sigma} \right] \quad (3)$$

Untuk menghitung *fading margin* karena propagasi *multipath* (FM₂) digunakan persamaan berikut ini [3].

$$P(r \leq R) = \int_0^R p(r) dr = 1 - \exp \left[-\frac{\pi R^2}{4r^2} \right] \quad (4)$$

Besar jarak terjauh yang dapat dijangkau oleh satu BTS dapat dihitung dengan menggunakan model propagasi tertentu. Ada beberapa model propagasi (yang merupakan fungsi dari jarak) yang dapat digunakan, dua diantaranya adalah model Hata dan model Lee [4]. Persamaan yang menunjukkan hubungan antara jarak dan redaman lintasan (*path loss*) pada model Hata adalah sebagai berikut [4] :

$$d = \log^{-1} \left[\frac{69,5 + 26,16 \log(f) - 13,82 \log(h_t) - a(h_r) - PL}{65,5 \log(h_t) - 44,9} \right] \quad (5)$$

untuk kota kecil, $a(h_r) = [1,1 \log(f) - 0,7] h_r - [1,56 \log(f) - 0,8]$.

Persamaan yang menunjukkan hubungan antara jarak dengan redaman lintasan maksimum pada model Lee adalah [4] :

$$d = \log^{-1} \left(\frac{-129,45 + 20 \log(h) - PL}{38,4} \right) \quad (6)$$

Jika bentuk sel diasumsikan segi enam beraturan, luas sel (A) dihitung dengan dengan persamaan ini.

$$A = 2,6d^2 \quad (7)$$

3. Metodologi

Metodologi (langkah-langkah) yang digunakan dalam perencanaan BTS ini adalah sebagai berikut.

- a. Menentukan luas daerah yang akan dilayani.

- b. Menghitung kapasitas trafik yang akan dilayani. Kapasitas trafik ini dipengaruhi oleh perkiraan jumlah pelanggan serta Erlang per pelanggan.
- c. Menentukan besar *coverage* satu BTS. Besar *coverage* ditentukan oleh parameter *link budget* seperti daya pancar, tinggi antena, redaman kabel, penguatan antena, dll, serta kondisi fisik lingkungan. Untuk memasukkan faktor koreksi kondisi fisik, dilakukan perhitungan cadangan *fading* dan penentuan model propagasi yang tepat dengan menganalisis data penerimaan sinyal yang telah dilakukan di kota Bandung.
- d. Menghitung kapasitas trafik satu BTS. Dalam hal ini, kemampuan setiap BTS dari beberapa *vendor* berbeda-beda, dan dari satu *vendor* pun tersedia beberapa tipe BTS. Dalam perencanaan ini diasumsikan akan digunakan BTS dari *vendor* yang telah dipilih, dan akan ditentukan tipenya [6].
- e. Membandingkan luas daerah yang akan dilayani dengan *coverage* satu BTS. Dari perhitungan ini diperoleh jumlah BTS berdasarkan parameter *coverage* (S_c).
- f. Membandingkan kapasitas trafik yang harus dilayani dengan kapasitas trafik satu BTS (beberapa tipe). Dari perbandingan ini diperoleh jumlah BTS berdasarkan parameter trafik (S_t).
- g. Jumlah BTS yang akan digunakan diperoleh dengan membandingkan besar S_t dengan S_c . Jika S_t lebih besar dari S_c , S_t yang akan dipasang, demikian pula sebaliknya. Sedangkan tipe yang akan dipilih ditentukan dengan melihat perbedaan antara S_t dan S_c yang paling sedikit.

4. Analisis data dan pembahasan

4.1 Analisis luas daerah dan kapasitas trafik yang harus dilayani

4.1.1 Luas daerah layanan

Untuk menerapkan metoda perencanaan sel seperti yang telah dijelaskan di atas, akan dilakukan contoh aplikasi di kotamadya Bandung yang memiliki luas 167,67 km².

4.1.2 Kapasitas trafik yang harus dilayani

Kapasitas trafik yang harus dilayani dipengaruhi oleh dua hal, yaitu jumlah pelanggan serta kapasitas trafik (Erlang) per pelanggan. Jumlah pelanggan dipengaruhi oleh jumlah penduduk di daerah yang akan dilayani, persentase pelanggan selular terhadap jumlah penduduk (MP), dan persentase pelanggan selular yang dilayani oleh system CDMA (MS), seperti terlihat pada tabel 1. Erlang per pelanggan dipengaruhi oleh rata-rata panggilan pada jam sibuk serta lamanya pembicaraan, dan pada perencanaan ini diasumsikan sebesar 0,1 erlang.

Tabel 1 Parameter penentu jumlah trafik di sisi demand

Parameter	Nilai
Jumlah penduduk (JP)	1.919.521
Market share (MS)	15%
Market penetration (MP)	5%
Trafik per pelanggan	0,1 erlang

Berdasarkan data yang terdapat pada tabel 1, besar kapasitas trafik yang harus dilayani dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \Sigma \text{trafik} &= \text{Erl/pelanggan} \times \text{JP} \times \text{MS} \times \text{MP} \\ &= 0,1 \times 1.919.52321 \times 0,15 \times 0,05 \\ &= 1439,6 \text{ Erlang} \end{aligned}$$

4.2 Analisis luas (*coverage*) dan kapasitas trafik satu BTS

4.2.1 Coverage satu BTS

Coverage satu BTS tergantung pada spesifikasi teknis dari peralatan yang akan digunakan (misalnya daya pancar, penguatan antena, tinggi antena, dll), dan juga kondisi fisik daerah layanan. Pengaruh kondisi fisik

dimasukkan dalam perhitungan *coverage* melalui parameter cadangan *fading* dan pemilihan model propagasi yang akan digunakan.

Untuk penerapan di kotamadya Bandung telah dilakukan penelitian level daya terima di sisi pelanggan pada jarak yang berubah-ubah mengelilingi BTS, untuk tinggi antena BTS 25 m, antena terminal 1,5 m, daya pancar BTS 20 watt, penguatan (*gain*) antena BTS 15 dB, dan redaman kabel 3 dB [5]. Data hasil pengukuran ini kemudian dibandingkan dengan 2 model propagasi yaitu model Hata dan model Lee. Tabel 2 menunjukkan perbandingan antara besar daya sebagai fungsi jarak hasil pengukuran di lapangan dengan perhitungan menggunakan model propagasi Hata dan model Lee.

Nilai simpangan baku (σ) untuk level daya terima di atas dihitung dengan menggunakan persamaan berikut [4].

$$\sigma = \sqrt{\sum \frac{J(n)}{k}}$$

dimana $J(n) = \sum (P_i - \hat{P}_i)^2$ dan

$$\hat{P}_i = P_i - 10n \log\left(\frac{d_i}{d_0}\right)$$

Nilai n (konstanta propagasi) diperoleh dengan membuat turunan pertama $J(n)$ terhadap $n = 0$ atau $\frac{dJ(n)}{dn} = 0$.

P_i adalah level daya terima di suatu tempat dengan jarak d_i , n adalah konstanta propagasi di daerah yang diukur, d_0 adalah jarak terdekat dalam pengukuran yang digunakan sebagai jarak referensi, dan k adalah banyaknya data pengukuran. Diperoleh hasil $n=2,17$ dan $\sigma = 8,9$ dB.

Nilai σ ini akan digunakan dalam penentuan cadangan *fading* untuk mengantisipasi efek *shadowing* dalam propagasi sinyal. Dengan menggunakan persamaan 3, untuk keandalan 90% diperoleh $\text{erf}\left[\frac{\bar{r}-R}{\sqrt{2}\sigma}\right] = 0,8$. Dari tabel *error*

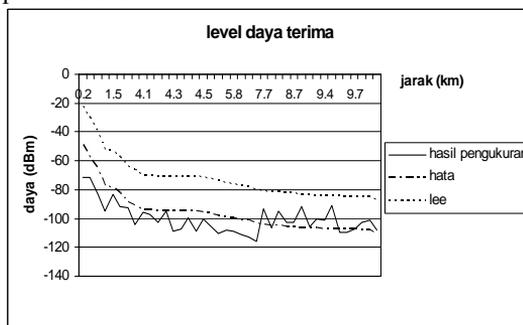
function diperoleh $\frac{\bar{r}-R}{\sqrt{2}\sigma} = 0,85$, maka didapat $FM_1 = 8,3$ dB.

Sedangkan cadangan *fading* untuk mengantisipasi terjadinya efek propagasi *multipath* dihitung menggunakan persamaan 4. Untuk keandalan 90%, $P(r<R) = 0,1$, diperoleh nilai $FM_2 = 8,7$ dB. Berdasarkan perhitungan di atas diperoleh cadangan *fading* sebesar 17 dB.

Level daya terima hasil pengukuran dengan hasil perhitungan menggunakan model propagasi Hata dan Lee yang terdapat pada tabel 2 dapat dinyatakan dalam bentuk grafik gambar 4.

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa model propagasi yang mendekati hasil pengukuran di lapangan adalah model propagasi Hata. Model inilah yang akan digunakan dalam analisis *coverage* lebih lanjut.

Spesifikasi teknis peralatan yang akan digunakan serta parameter operasi dan parameter propagasi yang diperlukan untuk menganalisis *coverage* satu BTS terdapat pada tabel 3.



Gambar 4 Perbandingan level daya terima

Dengan menggunakan persamaan 2 dapat dihitung besar redaman lintasan maksimum yang diperbolehkan, dan diperoleh hasil, $PL = 142$ dB. Jari-jari satu sel menggunakan model propagasi Hata dihitung dengan persamaan 5. Dengan memasukkan data yang terdapat pada tabel 3, diperoleh besar jari-jari sel (d) adalah 2,93 km. Untuk $d = 2,93$ km, luas satu sel berdasarkan persamaan 7 adalah $22,32$ km².

4.2.2 Kapasitas trafik satu BTS

Seperti telah dijelaskan pada bagian teori, kapasitas trafik satu BTS tergantung pada jumlah *carrier* yang dipakai, jumlah kanal suara setiap *carrier*, *grade of service* dan sektorisasi sel. Untuk kecepatan *vocoder* 8 kbps, spesifikasi teknis beberapa jenis BTS yaitu macro-BTS, mini-BTS dan micro-BTS dapat dilihat pada tabel berikut ini [6].

Tabel 2 Level daya terima (fungsi dari jarak) hasil pengukuran, model Hata, dan model Lee

No	Jarak (km)	Hasil pengukuran (dBm)	Prediksi Hata (dBm)	Prediksi Lee (dBm)
1	0,2288	-71,5	-49,3684	-21,8943
2	0,387	-71,5	-57,527	-30,6593
3	0,681	-83	-66,2998	-40,084
4	1,373	-95	-77,1845	-51,7777
5	1,484	-83	-78,3913	-53,0743
6	1,972	-92	-82,8047	-57,8156
7	2,83	-92,5	-88,4121	-63,8398
8	3,263	-104,5	-90,6222	-66,2141
9	4,136	-96	-94,3024	-70,1679
10	4,163	-97	-94,4034	-70,2764
11	4,221	-103	-94,6182	-70,5071
12	4,266	-95	-94,7828	-70,684
13	4,296	-109	-94,8916	-70,8009
14	4,326	-107,5	-94,9997	-70,9169
15	4,329	-99,5	-95,0104	-70,9285
16	4,331	-108,5	-95,0176	-70,9362
17	4,539	-100,5	-95,7468	-71,7185
18	4,78	-105,5	-96,5488	-72,5812
19	5,142	-110,5	-97,682	-73,7987
20	5,546	-108	-98,8561	-75,06
21	5,844	-109	-99,6686	-75,9329
22	6,259	-111,55	-100,734	-77,077
23	6,557	-113	-101,456	-77,8527
24	7,562	-116	-103,669	-80,2308
25	7,72	-93	-103,99	-80,5757
26	8,155	-106,5	-104,841	-81,4899
27	8,229	-95	-104,981	-81,6405
28	8,531	-102,5	-105,541	-82,2416
29	8,694	-103	-105,835	-82,5572
30	9,094	-91,5	-106,533	-83,3074
31	9,248	-106	-106,794	-83,5874
32	9,268	-100,5	-106,827	-83,6235

33	9,42	-101	-107,08	-83,8948
34	9,584	-91	-107,348	-84,1826
35	9,689	-109,5	-107,517	-84,3643
36	9,705	-109,5	-107,542	-84,3918
37	9,716	-107,5	-107,56	-84,4107
38	9,874	-102,5	-107,81	-84,6797
39	10,017	-101	-108,034	-84,9195
40	11,555	-108	-110,251	-87,3016

Tabel 3 Input analisis coverage pada reverse link

Parameter	Nilai	
Parameter di terminal pelanggan	Daya pancar maksimum	0,2 watt
	<i>Gain</i> antena	9 dBi
	Tinggi antena	1,5 m
Parameter di BTS	Tinggi antena	30 m
	<i>Gain</i> antena	15 dBi
	Redaman kabel	3 dB
Parameter operasi	<i>Noise figure</i>	5 dB
	Cell loading maksimum	75%
	Bandwidth <i>carrier</i>	1,2288 MHz
	Frekuensi operasi	834,8-837,82 MHz
	Kecepatan data	9,6 kbps
Parameter propagasi	Eb/No	7 dB
Parameter propagasi	Cadangan <i>fading</i>	17

Tabel 4 Spesifikasi teknis BTS

Parameter	Macro-BTS	Mini-BTS	Micro-BTS
Sektorisasi	1 dan 3	1(omni)	1 dan 3
Jumlah <i>carrier</i> maksimum	8/sektor	2	2/sektor
Jumlah kanal suara/ <i>carrier</i> /sektor	35	34	22

Dengan menggunakan data di atas dan *grade of service* 1 % (artinya dalam jam sibuk kemungkinan 1 dari 100 panggilan akan mengalami penolakan), kapasitas trafik per BTS dapat diperoleh dengan rumus probabilitas *blocking* (persamaan 2) atau bisa dilihat langsung dari tabel Erlang. Hasilnya dapat dilihat pada tabel 5 berikut ini.

4.3 Penghitungan Jumlah BTS berdasarkan coverage

Seperti telah disebutkan di atas, luas daerah yang akan dilayani oleh sistem CDMA pada contoh perencanaan ini adalah 167,67 km². Dari hasil perhitungan diperoleh luas satu sel adalah 22,32 km². Maka jumlah BTS yang diperlukan adalah :

$$S_c = 167,67 / 22,32 = 7,5 \approx 8 \text{ BTS}$$

Tabel 5 Kapasitas trafik satu BTS

Tipe BTS	Tipe antena	Juml carrier	Band width MHz	Kanal per sel	Kapasitas trafik Erlang
Macro BTS	Omni	1	1,77	35	24,64
		2	3,02	70	56,11
	3 sektor	1	1,77	105	88,77
		2	3,22	210	189,42
Mini BTS	Omni	1	1,77	34	23,77
		2	3,22	68	54,27
Micro BTS	Omni	1	1,77	22	13,65
		2	3,22	44	35,54
	3 sektor	1	1,77	66	52,44
		2	3,22	132	114,38

4.4 Penghitungan jumlah BTS berdasarkan parameter trafik

Dengan membandingkan kapasitas trafik demand (1439,6 erlang) dengan kapasitas trafik beberapa jenis BTS pada tabel 5, jumlah BTS yang diperlukan dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6 Jumlah BTS berdasarkan parameter trafik (S_t)

Tipe BTS	Tipe antena	Juml carrier	Erlang per BTS	ΣBTS
Macro-BTS	Omni	1	24,64	59
		2	56,11	26
	3 sektor	1	88,77	17
		2	189,42	8
Mini-BTS	Omni	1	23,77	61
		2	54,27	27
Micro-BTS	Omni	1	13,65	106
		2	35,54	43
	3 sektor	1	52,44	28
		2	114,38	13

4.5 Penentuan tipe dan jumlah BTS

Dari hasil perhitungan di atas, dapat dilihat bahwa dengan menggunakan parameter coverage (S_c), diperlukan 8 buah BTS, sedangkan dengan menggunakan parameter trafik (S_t), jumlah BTS bermacam-macam tergantung tipenya. Dalam tabel 6 terlihat ada jumlah BTS berdasar trafik (S_t) yang hasilnya sama, yaitu 8, maka tipe BTS inilah yang akan dipasang untuk melayani daerah Bandung, yaitu makro-BTS dengan dua carrier dan antena tiga sektor.

5. KESIMPULAN

Untuk melakukan penentuan jumlah BTS yang diperlukan untuk melayani suatu wilayah tertentu perlu dilakukan analisis terhadap kapasitas dan coverage yang harus dilayani serta kapasitas dan coverage satu BTS. Dalam penentuan coverage sel, model propagasi yang digunakan untuk penerapan di Kotamadya Bandung adalah model Hata. Cadangan fading untuk mengatasi masalah propagasi multipath sebesar 8,3 dB dan cadangan fading untuk mengantisipasi shadowing sebesar 8,7 dB. Untuk melayani pelanggan dengan perkiraan kapasitas trafik 1439,6 di daerah Kodya Bandung yang memiliki luas 167,67 km², diperlukan delapan buah macro-BTS dengan antena tiga sektor jika digunakan dua frekuensi pembawa.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Priyanto, Tonda., Teori Dasar dan Perkembangan DS-CDMA, 1997. www.elektroindonesia.com
- [2] Budiando, Setyo., 2001. C Phone Menuju 3G. www.elektroindonesia.com
- [3] Rappaport, Theodore S., *Wireless Communication, Principle and Practice*, New Jersey, Prentice Hall Inc., 1996.
- [4] Yang, Samuel C., *CDMA RF System Engineering*, Boston, Artech House Publisher, 1998.
- [5] Sustika, Rika., *Perencanaan Sistem Wireless Local Loop Dengan Metoda*

Akses Jamak Code Division Multiple Access. (Tugas Akhir) Jurusan teknik elektro, Institut Teknologi Bandung, 2000.

- [6] PT.Telekomunikasi Indonesia Tbk., *Pedoman Penerapan Jaringan Lokal Akses Radio*, 1998.
- [7] Hyundai., *Providing Total Solution*, 1999.