

Wireless Communication Systems

Modul 14 Perencanaan Jaringan Seluler



**Faculty of Electrical Engineering
Bandung – 2015**

Tujuan

- Mengetahui model perencanaan jaringan yang optimum
- Dapat memberikan pengembangan untuk layanan seluler di masa yang akan datang
- Dapat meminimalisasi kesalahan ataupun kerugian yang dapat dialami suatu perusahaan setelah operasional

Perencanaan Kapasitas dan Coverage

Contoh Desain Selular di Wilayah Bandung

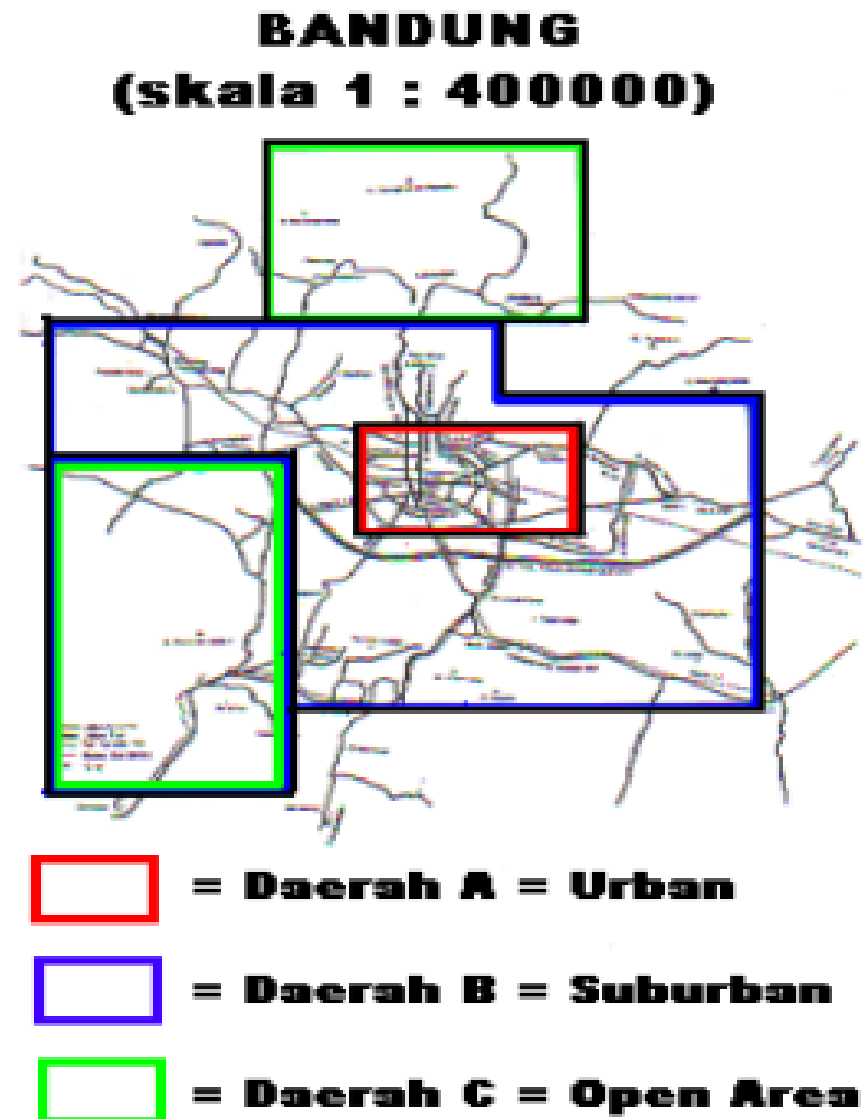
- Desain didasarkan kepada kasus teoritis (bukan pengukuran di lapangan)
- Sasaran desain adalah :
 - menentukan coverage sel pada seluruh daerah pelayanan (ditunjukkan oleh sejumlah BTS)
 - kebutuhan kapasitas trafik (ditunjukkan oleh jumlah kanal RF)
- Pembagian tipe daerah :
 - daerah urban (daerah A)
 - daerah suburban (daerah B)
 - daerah open area (daerah C)
- Asumsi lainnya yaitu jumlah pelanggan yang akan dilayani 6000 pelanggan, dimana beban trafik terbagi menjadi :
 - 55 % di daerah urban
 - 40 % di daerah suburban
 - 5 % di daerah open area

Perencanaan Kapasitas dan Coverage

Pembagian Tipe Daerah

Asumsi luas coverage :

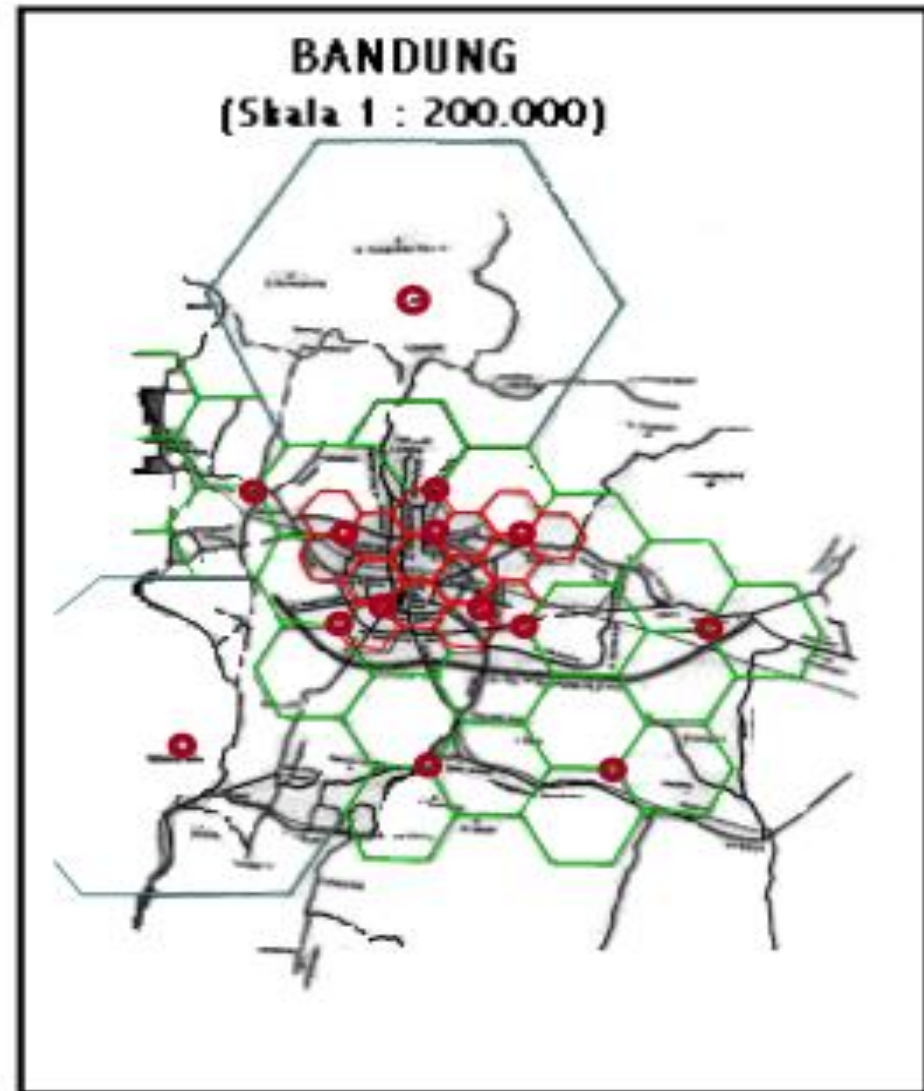
- daerah A = 77 km²
- daerah B = 518 km²
- daerah C = 415 km²



Perencanaan Kapasitas dan Coverage

Pemetaan Sel pada
Peta Struktur Jalan

- Sel dg radius 1,4 km
- Sel dg radius 4,26 km



1.Data Awal Perencanaan

Pada kasus ini, akan dibangun jaringan 3G W-CDMA di 7 kecamatan di Kota Bandung, dengan data sebagai berikut:

Kecamatan	Luas Wilayah (km ²)	Jumlah Penduduk (Jiwa)
Cibeunying Kidul	780 Ha	85.704 Jiwa
Arcamanik	641,044 Ha	69.924 Jiwa
Cicadas	1.035 Ha	84.196 Jiwa
Kiaracondong	400,5 Ha	71.108 Jiwa
Ujung Berung	1.403 Ha	71.832 Jiwa
Cibiru	1.079 Ha	68.268 Jiwa
Batununggal	551,42 Ha	34.148 Jiwa
TOTAL	5.889.964 Ha	485.180 Jiwa
	58 km ²	

Data kependudukannya adalah sebagai berikut:

<u>Usia :</u>	<u>% dari populasi:</u>	<u>Income per kapita</u> <u>> Rp. 20 juta per</u> <u>tahun:</u>
0 – 14 th	18%	10 %
15 – 55 th	70 %	80 %
55 keatas	12 %	10 %

3G adalah 2 x 5 MHz pada blok pertama frekuensi UMTS yaitu uplink 5 MHz (1920-1970) dan downlink juga 5 MHz (2100-2105).

Jumlah Pelanggan Potensial

Sebuah jaringan 3G WCDMA akan digelar di bagian kota Bandung Timur yang berpenduduk 485.180 jiwa dengan luas area 58 km² . Struktur topografinya adalah sebagai berikut:

VII Persawahan,, pepohonan		VI Pabrik-pabrik & area industri	
II Perumahan, Sekolah	I Perkantoran, Pusat perbelanjaan, town square		III Perumahan, sekolah
IV Perumahan, Sekolah		V Pabrik-pabrik & area industri	

Data Daerah Pendefenisian Wilayah 7 Kecamatan di wilayah Bandung Timur :

- Luas : 58 km²

Pembagian daerah :

- Daerah I (urban) : Perkantoran, Pusat perbelanjaan, town square.
Luas totalnya adalah 12 km²
- Daerah II (Sub urban I) : Perumahan, Sekolah.
Luas totalnya adalah 7 km²
- Daerah III (Sub urban II) : Perumahan, Sekolah.
Luas totalnya adalah 7 km²
- Daerah IV (Sub urban III) : Perumahan, Sekolah.
Luas totalnya adalah 6 km²
- Daerah V (Sub urban IV) : Pabrik-pabrik & area industri.
Luas totalnya adalah 7 km²
- Daerah VI (Sub urban V) : Pabrik-pabrik & area industri.
Luas totalnya adalah 8 km²
- Daerah VII (Rural) : (Open Area : Persawahan, perkebunan, pepohonan, jalan tol)
Luas totalnya adalah 11 km²

2. Traffic Forecasting (Perencanaan kapasitas dan cakupan)

Perancangan dibawah dilakukan dengan asumsi :

1. Hanya usia 15-55 tahun yang memiliki handset 3G W-CDMA. Selain itu dianggap tidak memberikan trafik.
2. Distribusi market pada daerah perencanaan adalah sebagai berikut:

Urban	: 40 %
Suburban I	: 18 %
Suburban II	: 15 %
Suburban III	: 11 %
Suburban IV	: 6 %
Suburban V	: 5 %
Rural	: 5 %

Presentase pengguna layanan suara dan data
3. Layanan suara 70 %
4. Layanan data 30 %
5. Faktor pertumbuhan pelanggan dengan asumsi : **0,3**
6. Pelanggan GSM sebesar 75 % dari total penduduk produktif (15-55 tahun).

Tabel Perkiraan Pertumbuhan Pelanggan

Tahun ke	Tahun	Pelanggan GPRS/GSM	Handset Dual Mode	Pelanggan 3G-WCDMA
0	2010	254.719	0%	-
1	2011	331.135	3%	9934
2	2012	430.475	10%	43047
3	2013	559.618	30%	167885

Dengan rumus pertambahan penduduk sebagai berikut

Dimana : $U_n = U_o(1 + F_p)^n$

U_o = Jumlah user saat perencanaan (jiwa)

n = Jumlah tahun prediksi (1,2 dan 3 tahun)

F_p = Faktor pertumbuhan pelanggan (asumsi : 0.3)

Berdasarkan hasil asumsi, diperoleh estimasi jumlah pelanggan WCDMA untuk beberapa tahun ke depan yaitu :

$U_1 = 9934$ pelanggan

$U_2 = 43047$ pelanggan

$U_3 = 167885$ pelanggan

Peramalan jumlah pelanggan GSM/GPRS di 7 Kecamatan Bandung Timur

Tahun ke 3	Jumlah pelanggan di tiap daerah						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
%	40 %	18 %	15 %	11 %	6 %	5 %	5%
jumlah	67.154	30.219	25.183	18.467	10.073	8.394	8.394

Estimasi kebutuhan trafik

Klasifikasi layanan yang akan digunakan pada teknologi 3G dapat dilihat pada tabel :

Bit Rate User Tiap Layanan

Net User Bit Rate		
Service Type	Uplink (Kbps)	Downlink (Kbps)
Voice	12.2	12.2
Data	144	144

Tingkat Penetrasi Layanan Tiap Daerah

Penetration Rates (%)		
Service Type	Urban	Suburban
Voice	70	70
Data	30	30

Busy Hour Call Attempt (BHCA)		
Service Type	Urban	Suburban
Voice	0.9	0.8
Data	0.1	0.05

Durasi Panggilan

Call duration		
Service Type	Urban	Suburban
Voice	60	60
Data	300	300
Call duration		

Faktor Aktivasi

Activity factor		
service type	Uplink (kbps)	downlink (kbps)
Voice	0.5	0.5
Data	1	1

Perhitungan offered bit quantity (OBQ) tiap daerah

Untuk menentukan total kebutuhan trafik yang dibutuhkan tiap daerah, maka haruslah di tentukan parameter-parameter yang dapat menentukan jumlah bit di antrafik yang akan muncul pada tiap daerah.

$$OBQ = \sigma \times p \times d \times BHCA \times BW$$

Dimana :

σ : kepadatan pelanggan potensial dalam suatu daerah [user/km²]

p : penetrasi pengguna tiap layanan

d : lama panggilan efektif [s]

BHCA : *Busy Hour Call Attempt* [call/s]

BW: bandwidth tiap layanan [Kbps]

Jumlah sel yang diperlukan dapat dicari dengan persamaan :

Jumlah sel =

$$\frac{\text{Luas Area Pelayanan}}{\text{Luas Cakupan Sel UMTS}}$$

Luas cakupan sel yang berbentuk heksagonal dapat ditentukan dengan persamaan di bawah ini : **Luas sel = 2.6 . r²**

Dimana r adalah radius sel.

1. Daerah I (Urban) pada 7 Kecamatan Bandung Timur

Dari bagian sebelumnya telah diketahui bahwa :

67.154 pelanggan 3G W-CDMA

Luas = 12 km²

Kepadatan User/km² = 67.154 user / 12 km² = 5.596 user / km²

$\sigma \times p \times d \times BHCA \times BW$ (bps/km²)

Hasil Perhitungan OBQ Daerah I

Service Type	User/km ²	Penetrasi Layanan	Lama Pang Efektif (s)	BHCA	BW Lay. (Kbps)
Voice	5.596	0.80	100	0.9	12,2
Data	5.596	0.20	400	0,1	144
			Vehicular total = 11.362.118 Kbit/hour/km ² = 3.156,14 Kbps/km ²		

2. Daerah II (Sub Urban I)

Dari bagian sebelumnya telah diketahui bahwa :

30.219 pelanggan 3G W-CDMA

Luas = 7 km²

Kepadatan User /km² = 30.219 user / 7 km² = 4.317 user / km²

Hasil Perhitungan OBQ Daerah II

Service Type	User/km ²	Penetrasi Layanan	Lama Pang Efektif (s)	BHCA	BW Lay. (Kbps)
Voice	4.317	0.80	90	0.8	12,2
Data	4.317	0.20	250	0.05	144
<i>Vehicular</i>	total = 4.587.762,24 Kbit/hour/km ² = 1.274,37 Kbps/km ²				

3. Daerah VIII (Rural)

Dari bagian sebelumnya telah diketahui bahwa

8.394 pelanggan 3G W-CDMA

Luas = 11 km²

Kepadatan User /km² = 8.394 user / 11 km² = 763 user / km²

Hasil Perhitungan OBQ daerahVI

Service Type	User/km ²	Penetrasi Layanan	Lama Pang Efektif (s)	BHCA	BW Lay. (Kbps)	layanan
Voice	763	0.80	60	0,5	12,2	223.406,4
Data	763	0.20	150	0,01	144	32.961,6
			Vehicular total = 256.368 Kbit/hour/km ² = 810,21 Kbps/km ²			

3. Cell Dimensioning

1. Daerah Urban

Jumlah sel yang dibutuhkan di daerah urban untuk satu frekuensi carier adalah

$$\begin{aligned} \text{Luas cakupan satu sel} &= \frac{\text{Kapasitas informasi tiap sel}}{\text{Offerred Bit Quantity (OBQ)}} \\ &= \frac{2100 \text{ Kbps/sel}}{3.156,14 \text{ Kbps/km}^2} \\ &= 0.66 \text{ km}^2 / \text{sel} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma \text{ sel} &= \frac{\text{Luas area urban}}{\text{Luas cakupan satu sel}} \\ &= \frac{12 \text{ Km}^2}{0,66 \text{ Km}^2 / \text{sel}} \\ &= 17,18 \text{ sel} = 18 \text{ sel} \end{aligned}$$

$$R_{\text{sel}} = \sqrt{\frac{\text{LuasSel}}{2,59}}$$

Sehingga radius setiap sel $R_{\text{sel}} = 0,5 \text{ km}$

2. Daerah Suburban I

Jumlah sel yang dibutuhkan di daerah sub urban untuk 1 frekuensi carrier adalah

$$\begin{aligned} \text{Luas cakupan satu sel} &= \frac{\text{Kapasitas informasi tiap sel}}{\text{Offered Bit Quantity (OBQ)}} \\ &= \frac{2100 \text{ Kbps/sel}}{1.274,37 \text{ Kbps/km}^2} \\ &= 1,64 \text{ km}^2 / \text{sel} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma \text{ sel} &= \frac{\text{Luas area urban}}{\text{Luas cakupan satu sel}} \\ &= \frac{6 \text{ km}^2}{1,64 \text{ km}^2 / \text{sel}} \\ &= 3,26 \text{ sel} = 4 \text{ sel} \end{aligned}$$

Rsel =

Sehingga radius setiap sel Rsel = 0,79 km

3. Daerah Rural

Jumlah sel yang dibutuhkan di daerah sub urban untuk 1 frekuensi carrier adalah

$$\begin{aligned} \text{Luas cakupan satu sel} &= \frac{\text{Kapasitas informasi tiap sel}}{\text{Offerred Bit Quantity (OBQ)}} \\ &= \frac{2100 \text{ Kbps/sel}}{2,59 \text{ Kbps/km}^2} \\ &= 1,64 \text{ km}^2/\text{sel} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma \text{ sel} &= \frac{\text{Luas area urban}}{\text{Luas cakupan satu sel}} \\ &= \frac{11 \text{ km}^2}{2,59 \text{ Km}^2/\text{sel}} \\ &= 4,25 \text{ sel} = 5 \text{ sel} \end{aligned}$$

$$\text{Rsel} = \sqrt{\frac{\text{LuasSel}}{2,59}}$$

Sehingga radius setiap sel $R_{sel} = 1 \text{ km}$

4. Radio Link Budget

- a. Reverse Link Budget

Berdasarkan pada table link budget , diketahui bahwa:

Allowable path loss untuk layanan voice 12,2 Kbps adalah sebesar **141,9 dB**

Allowable path loss untuk layanan data 144 Kbps adalah sebesar **133,8 dB**

Perhitungan *path loss* maksimum di 7 Kecamatan Bandung Timur untuk daerah urban akan digunakan model propagasi **Cost 231 Walfish-Ikegami**. Sedangkan untuk daerah **Suburban dan Rural** akan digunakan model propagasi **Cost 231**. Frekuensi pembawa yang akan digunakan pada arah *reverse* adalah 1950 Mhz.

HSDPA MAPL Calculation

Uplink Link Budget		
Transmitter Parameter (UE)		
Max Tx Power	23 dBm	a
Max Tx Gain	0 dBi	b
Loss System	0 dB	c
EIRP Tx	23 dBm	$d = a+b-c$
Receiver Parameter (NodeB)		
SINR	- 17.3 dB	e
Thermal Noise (= $k \times T \times B$)	-108.2	f
Noise Figure	2 dB	g
Sensitivity Receiver	- 123.4 dBm	$h = e+f+g$
Cable Loss	2 dB	i
Fast Fading Margin	1.8 dB	j
Interference Margin	3 dB	k
Soft Handover Gain	2 dB	l
Gain Receiver	18 dBi	m
MAPL Uplink	159.4 dB	$n = d+m+l - i - h - k$

Downlink Link Budget		
Transmitter Parameter (NodeB)		
Max Tx Power	46 dBm	a
Max Tx Gain	18 dBi	b
Loss System	2 dB	c
EIRP Tx	62 dBm	$d = a+b-c$
Receiver Parameter (UE)		
SINR	- 5.2 dB	e
Thermal Noise (= $k \times T \times B$)	-108.2	f
Noise Figure	7 dB	g
Sensitivity Receiver	- 106.4 dBm	$h = e+f+g$
Body Loss	0 dB	i
Interference Margin	4 dB	j
Gain Receiver	0 dBi	k
MAPL Downlink	164.4 dB	$n = d+k - i - h - j$

1. Daerah Urban

Perhitungan *path loss* maksimum pada daerah ini akan menggunakan model **Cost 231 Walfisch-Ikegami** dengan parameter :

Frekuensi carrier, $f = 1950$ Mhz

Radius sel, $d = 0,66$ km

Tinggi *mobile unit*, $h_m = 1,6$ m

Tinggi antena BTS, $h_b = 30$ m

Tinggi atap gedung/rumah, $h_r = (\text{tinggi satu lantai} \times \text{jumlah lantai}) + \text{tinggi atap}$
 $= (3 \times 2) + 3$
 $= 9$ m

Jarak antar gedung/rumah, $b = 5$ m

Lebar jalan, $w = 5$ m

Incident angle relative to the street, $\theta = 90^\circ$

$\Delta h_m = h_r - h_m = 9 - 1,6 = 7,4$ m

$\Delta h_b = h_b - h_r = 30 - 9 = 21$ m

$L_o = 4 - 0,114 (\theta - 55^\circ)$ (dB) untuk : $55^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$. Sehingga $L_o = 0,01$ dB

$L_{bsh} = - 18 \log (1 + \Delta h_b)$, untuk $h_b > h_r$. Sehingga $L_{bsh} = - 24,16$ dB

$K_a = 54$ untuk $\Delta h_b > 0$

$K_d = 18$ untuk $h_b \geq h_r$. Sehingga $K_d = 18$

$K_f = -4 + 0,66 [(f/925) - 1]$, untuk kota menengah dengan kerapatan pohon sedang. Sehingga $K_f = - 3,13$

Persamaan model Cost 231 Walfisch-Ikegami :

$$L_{CWI} = L_{\text{building}} = L_{fs} + L_{rts} + L_{ms} \text{ (dB)}$$

Dimana :

L_{fs} = Free space loss

L_{rts} = Rooftop to street diffraction and scatter loss

L_{ms} = Multiscreen (multiscatter) loss

Untuk Free space loss (L_{fs}) :

$$\begin{aligned} L_{fs} &= 32,4 + 20 \log d \text{ (km)} + 20 \log f \text{ (MHz)} \\ &= 32,4 + 20 \log 0,5 + 20 \log 1950 \\ &= 92,2 \text{ dB} \end{aligned}$$

Untuk Rooftop to street diffraction and scatter loss (L_{rts}) :

$$\begin{aligned} L_{rts} &= -16,9 - 10 \log w + 10 \log f + 20 \log \Delta h_m + L_o \text{ (dB)} \\ &= -16,9 - 10 \log 5 + 10 \log 1950 + 20 \log 7,4 + 0,01 \\ &= 26,40 \text{ dB} \end{aligned}$$

Untuk Multiscreen (multiscatter) loss (L_{ms}):

$$\begin{aligned} L_{ms} &= L_{bsh} + k_a + k_d \log d + k_f \log f - 9 \log b \text{ (dB)} \\ &= -24,16 + 54 + 18 \log 0,5 - 3,22 \log 1950 - 9 \log 5 \\ &= 7,5 \text{ dB} \end{aligned}$$

Sehingga total path loss pada daerah Building ($L_{\text{building total}}$):

$$\begin{aligned} L_{\text{building total}} &= L_{fs} + L_{rts} + L_{ms} \text{ (dB)} = 92,2 + 26,40 + 7,5 \\ &= 126,1 \text{ dB} \end{aligned}$$

2. Daerah Sub Urban (Daerah II)

Perhitungan *path loss* maksimum pada daerah ini akan menggunakan model Cost 231 Hata dengan persamaan

$$L_{CH} = 46,3 + 33,9 \log f - 13,82 \log h_b + (44,9 - 6,55 \log h_b) \log d + c \text{ (dB)}$$

Frekuensi carrier, $f = 1950 \text{ Mhz}$

Radius sel, $d = 0,828 \text{ km}$

Tinggi mobile unit, $h_m = 1,6 \text{ m}$

Tinggi antena BTS, $h_b = 40\text{m}$

Parameter c untuk daerah pedestrian $c = -15$

Sehingga total *path loss* nya adalah :

$$\begin{aligned} L_{CH} &= 46,3 + 33,9 \log 1950 - 13,82 \log 40 + (44,9 - 6,55 \log 40) \log 0,828 + (-15) \\ &= 117,87\text{dB} \end{aligned}$$

3. Daerah Rural

Perhitungan *path loss* maksimum pada daerah ini akan menggunakan model Cost 231 Hata dengan persamaan

$$L_{CH} = 46,3 + 33,9 \log f - 13,82 \log h_b + (44,9 - 6,55 \log h_b) \log d + c$$

(dB)

Frekuensi carrier, $f = 1950$ Mhz

Radius sel, $d = 1$ km

Tinggi *mobile unit*, $h_m = 1,6$ m

Tinggi antena BTS, $h_b = 40$ m

Parameter c untuk daerah pedestrian $c = -15$

Sehingga total *path loss* nya adalah :

$$\begin{aligned} L_{CH} &= 46,3 + 33,9 \log 1950 - 13,82 \log 40 + (44,9 - 6,55 \log 40) \log 1 + (-15) \\ &= 120,7 \text{ dB} \end{aligned}$$

5. Tabel hasil Perencanaan

Prediksi jumlah pelanggan layanan 3G W-CDMA pada tahun 2013 di 7 Kecamatan Bandung Timur adalah 65.910 pelanggan.

Tabel Hasil perencanaan jaringan radio

Variabel	I	II	III	IV	V	VI	VII
Tipe lokasi	Urban	Suburban					Rural
Luas daerah (km ²)	12	7	7	6	7	8	11
Kepadatan pelanggan (user/km ²)	67154	4317	3597	3078	1439	1349	1076
OBQ (kbps/ km ²)	3156,14	1274,37	1061,83	1044,78	1217,78	1018,7	810,21
Luas sel (km ² /sel)	0,66	1,64	1,97	2	1,72	1,32	2,59
Jumlah sel	18	4	4	3	4	1	5
Jari-jari sel (km)	0,19	0,64	0,7	0,8	0,65	1,14	0,71
Tinggi antenna BTS (m)	30	40	40	40	40	40	40

6. *Pendimensian sel*

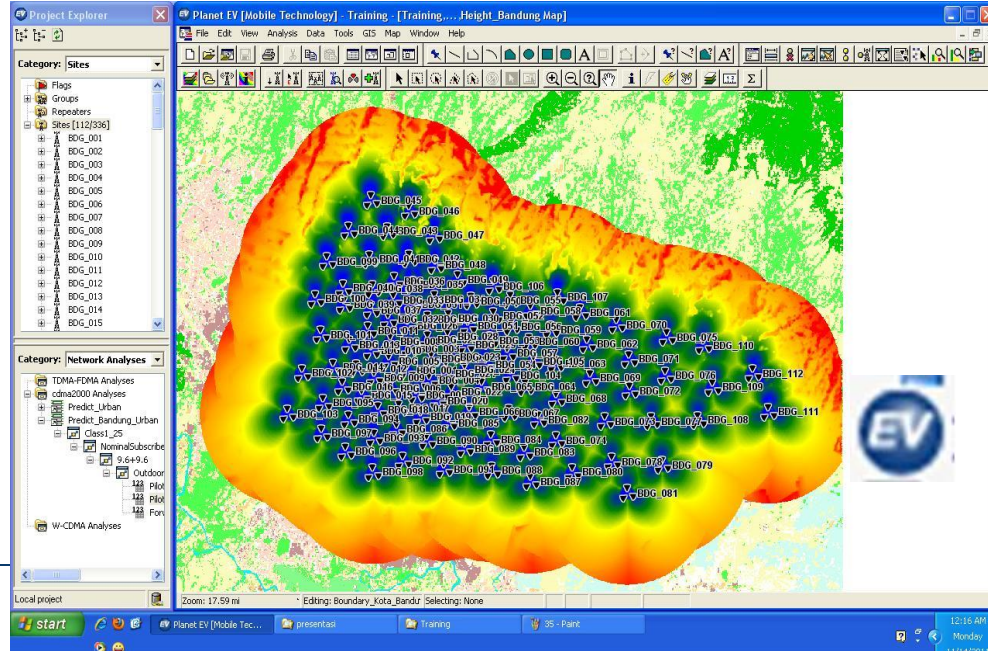
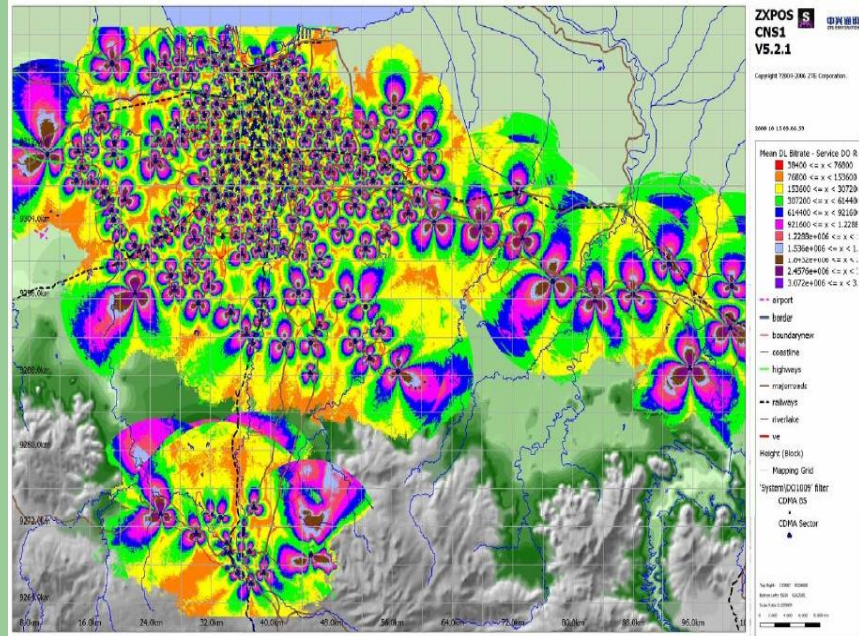
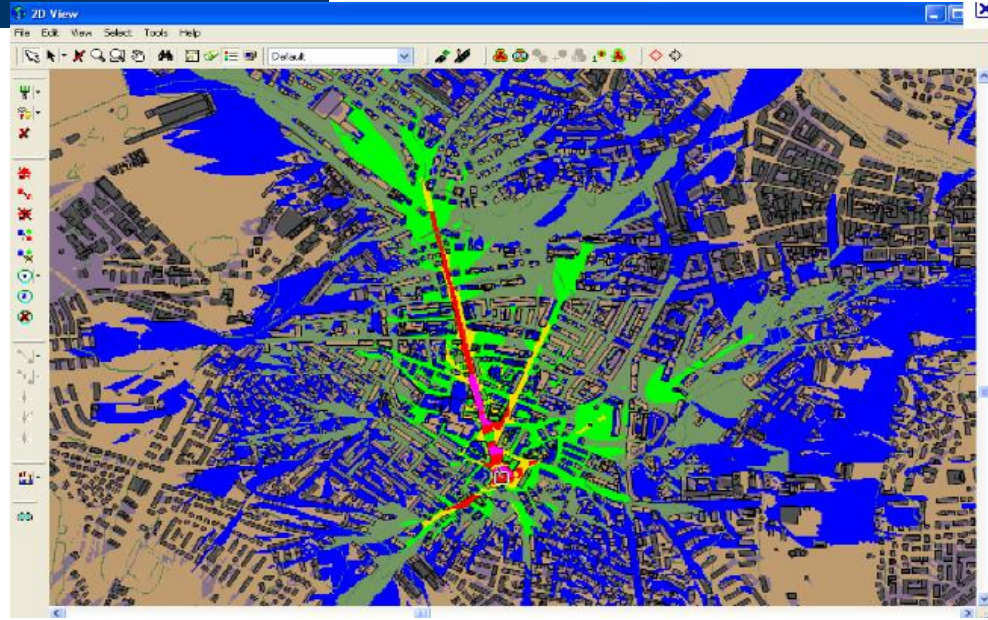
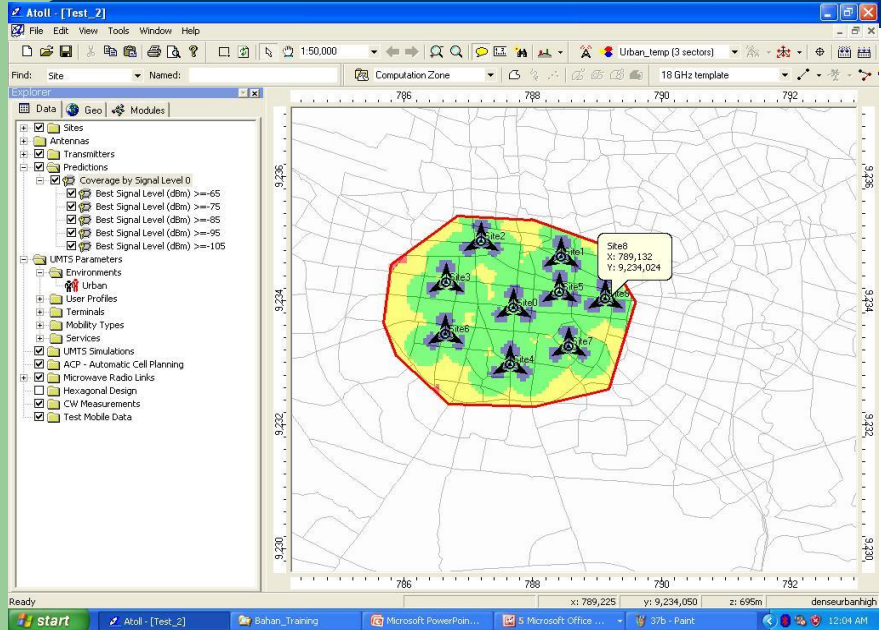
Karena tiap BTS menggunakan alokasi 2×5 MHz maka bit rate maksimum 2 Mbps untuk downlink dan uplink. Jumlah site di 7 Kecamatan Bandung bagian timur = 39 site.

Asumsi digunakan BTS dengan antena sectoral 120 derajat sehingga setiap BTS dapat menghandel 3 site. Maka jumlah BTS yang diperlukan adalah minimal 13 BTS. Daerah I dapat hanya menggunakan 6 buah BTS yang seharusnya 18 BTS, dimana dengan dibuat 3 BTS sudah mampu mengcover jangkauan dari Daerah I yang ada.

RF Planning Tools



Software Atoll



Site survey tools



GPS tracker



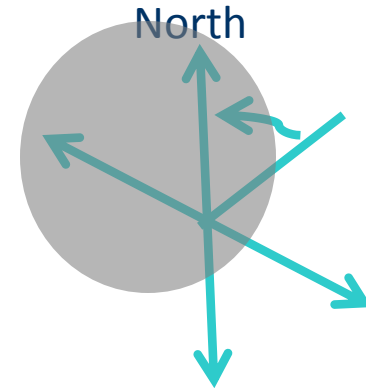
Distance Meter



Camera



shuntou



direction

Digital Map

