

PERENCANAAN PENEMPATAN BASE STATION WCDMA DI DENPASAR

I Putu Dodi Irawan¹, Arfianto Fahmi², Kris Sujatmoko³

^{1,2,3}Departemen Teknik Elektro Institut Teknologi Telkom
Jl. Telekomunikasi, Dayeuh Kolot Bandung, 40254

E-mail: iputudodi@yahoo.com¹, arf@ittelkom.ac.id², krs@ittelkom.ac.id³

ABSTRAK

Pada awal abad 21 teknologi komunikasi wireless sudah memasuki generasi ketiga. Dimana teknologi komunikasi saat tersebut harus memenuhi persyaratan diantaranya service yang bersifat global dan portable. Melalui teknologi ini seseorang bisa melakukan: telepon, sms, mms, faximili, video conference, video streaming dan koneksi internet dengan kecepatan tinggi. Menurut standar baik dari Eropa, Jepang maupun USA maka teknologi diatas dikenal dengan istilah IMT-2000 atau UMTS (Universal Mobile Telecommunication System). Dalam penelitian ini akan dibahas perencanaan dan analisa penempatan base station WCDMA di Denpasar.

Dari sisi perencanaan kita bisa mengetahui perhitungan link budget pada arah uplink dan downlink, perhitungan kapasitas trafik per sel, perhitungan radius sel dengan loading factor tertentu dan banyaknya site yang diperlukan untuk mengcover area layanan. Dari sisi analisa penempatan kita akan melihat penempatana base station agar mendapat area cakupan yang optimal sesuai dengan kapasitas dan topologi areanya. Untuk mempermudah analisa penempatan base station, maka kita akan menggunakan software Mapinfo, Google earth dan RPS (Radiowave propagation Simulator). Setelah mendapat banyaknya site beserta jari-jarinya, kita akan melakukan perkiraan penempatan base station pada Mapinfo. Perkiraan penempatan akan mempertimbangkan daerah urban dan suburban berdasarkan data kepadatan penduduk dan struktur bangunannya. Setelah didapat perkiraan penempatan pada Mapinfo, maka hasil penempatan tersebut akan diplot ke dalam Google earth. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan alamat dan plot bangunan disekitar site. Setelah didapat plot bangunan disekitar site, maka akan dilakukan simulasi dengan RPS.

Kata Kunci : basestation, CDMA

1. Latar Belakang

Pada awal abad 21 teknologi komunikasi wireless sudah memasuki generasi ketiga. Dimana teknologi komunikasi saat tersebut harus memenuhi persyaratan diantaranya service yang bersifat global dan portable. Melalui teknologi ini seseorang bisa melakukan : telepon, sms, mms, faximili, videoconference, video streaming dan koneksi internet dengan kecepatan tinggi. Menurut standar baik dari Eropa, Jepang maupun USA maka teknologi diatas dikenal dengan istilah IMT-2000 atau UMTS (Universal Mobile Telecommunication System). Di sisi air interfacenya teknologi yang dipakai bisa berupa: WCDMA, TD-CDMA atau Wideband cdmaone tergantung dari kebijaksanaan negara masing-masing. WCDMA berbasis *packet service* dengan menggunakan standar *Direct Sequence Spread Spectrum* (DS-SS) yang memakai FDD. Laju data yang tinggi yang mampu mencapai 2 Mbps di local Area dan 384 Kbps atau 144 Kbps di Wide Area, dengan mobilitas penuh. Data rate yang lebih tinggi ini membutuhkan band frekuensi radio yang lebih lebar, karena itulah WCDMA dengan carrier bandwidth 5 Mhz dipilih; dibandingkan dengan bandwidth carrier 200 khz milik GSM. Masih banyak kelebihan WCDMA dibandingkan dengan teknologi yang dimiliki oleh GSM, oleh karena itu WCDMA adalah salah satu

kandidat utama untuk standar UMTS (Universal Mobile Telecommunication System). UMTS merupakan teknologi akses jamak yang diramalkan akan menggeser popularitas GSM, GPRS, maupun teknologi CDMA. Sesuai dengan perkembangan dan kebutuhan akan layanan data bergerak dan laju data yang tinggi di wilayah Denpasar, diperlukan suatu jaringan UMTS yang mampu melayani kebutuhan layanan tersebut. Untuk itu dalam Penelitian ini, penulis akan membahas penentuan lokasi BTS WCDMA di Denpasar.

2. Tujuan Penelitian

Penentuan lokasi penempatan dan banyaknya Base Station pada area perencanaan berdasarkan kapasitas dan topologi areanya.

1. Simulasi penempatan Base station pada Google earth untuk mengetahui posisi dan area layanan dari tiap Base station berdasarkan kapasitas dan topologi areanya.

3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode:

1. Melakukan pengamatan dan pengumpulan data,
2. Mengolah dan menganalisis data yang diperoleh,

3. Merencanakan sistem yang diinginkan berdasarkan data yang diperoleh dan kondisi wilayah pelayanan,
4. Mengaplikasikan hasil perencanaan ke dalam software simulator untuk memvisualisasikan hasil perencanaan.

4. Perencanaan Kapasitas

4.1 Prediksi Jumlah Pelanggan

Dalam melakukan perancangan jaringan ini tentunya kita harus mempertimbangkan kebutuhan pelanggan di masa mendatang, maka untuk mengantisipasi jumlah pelanggan selama periode tersebut diperlukan estimasi pertumbuhan jumlah pelanggan.

Estimasi jumlah pelanggan dapat dihitung dengan persamaan^[6] berikut :

$$U_n = U_0 (1 + f_p)^n$$

Dimana:

- U_n : jumlah user total setelah tahun ke-n
- U_0 : jumlah user saat perencanaan
- f_p : faktor pertumbuhan
- n : jumlah tahun prediksi

5. Kapasitas Pelanggan Per Base Stasion

Kapasitas yang dimaksud merupakan jumlah pelanggan yang dapat dilayani dalam suatu *site*. Untuk jenis layanan yang berbeda, kapasitas *site* juga akan berbeda. Untuk menghitung kapasitas uplink kita dapat menggunakan persamaan^[1] dibawah ini.

Dimana:

$$M_{UL} = \eta_{uplink} \cdot \left(1 + \frac{Rc \cdot Gs}{\frac{Eb}{No} \cdot Ri \cdot vi \cdot (1 + f)} \right)$$

- η_{uplink} = Load Factor
- Rc = ChipRate
- Gs = Gain Sectoral
- Vi = activity factor
- Ri = bit rate
- f = interference factor

6. Kepadatan Trafik

Untuk melakukan estimasi kepadatan trafik total layanan UMTS menggunakan *Offered Bit Quantity (OBQ)*. OBQ adalah total bit *throughput* per km² pada jam sibuk. Pada dasarnya untuk setiap layanan UMTS, OBQ selama jam sibuk untuk suatu area tertentu dihitung berdasarkan beberapa asumsi, yaitu penetrasi *user* durasi panggilan efektif, *Busy Hour Call Attempt (BHCA)* dan bandwidth dari layanan^[4].

Sehingga persamaannya menjadi :

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

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]

7. Jumlah sel berdasarkan kapasitas^[8]

Kapasitas informasi yang terdapat pada tiap sel UMTS dibagi dengan OBQ dalam Kbps/km² sehingga didapatkan luas cakupan sel dalam km². Dengan didapatkannya luas cakupan sel tersebut maka dapat diperoleh jumlah sel yang dibutuhkan.

$$\frac{Kbps / sel}{Kbps / km^2} = \frac{Kbit / (second \times sel)}{Kbit / (second \times km^2)} = \frac{km^2}{sel}$$

Karena km² / cell menunjukkan luas cakupan sel sehingga persamaan di atas dapat ditulis:

$$L = \frac{Kapasitas \text{ informasi tiap sel}}{OBQ \text{ (Offered Bit Quantity)}}$$

Dimana L merupakan luas cakupan sel. Sehingga jumlah sel yang diperlukan dapat dicari dengan persamaan :

$$\text{Jumlah sel} = \frac{\text{Luas area pelayanan}}{\text{Luas cakupan sel UMTS}}$$

Luas cakupan sel yang berbentuk heksagonal dapat ditentukan dengan persamaan di bawah ini :

$$\text{Luas sel heksagonal} = 2,6 \cdot r^2$$

Dimana r adalah radius sel. Apabila luas cakupan sel diketahui maka dapat pula ditentukan radius sel yang digunakan.

8. Perencanaan Coverage

8.1 Radio link budget^[1]

Dalam perhitungan *Radio Link Budget* ada beberapa parameter penting yang berlaku hanya pada WCDMA dan tidak pada GSM, yaitu:

- *Interference Margin* : diperlukan untuk mengantisipasi *loading* dari *cell* (*load of factor*). Semakin besar *loading* maka semakin besar margin yang dibutuhkan sehingga *coverage*-nya membesar. Biasanya untuk kasus keterbatasan *coverage*, besar *interference margin* adalah 1.0–3.0dB atau sebanding dengan 20–50% *loading*.
- *Fast Fading Margin (Power Control Headroom)* : terdapat didalam *mobile station* untuk mengantisipasi *fast fading* yang terjadi ketika pergerakan MS lambat (*pedestrian*). Umumnya sekitar 2.0–5.0 dB.

- *Soft Handover Gain* : terjadi akibat dari penambahan penguatan *macro diversity* yang timbul karena menurunnya kebutuhan *Eb/No relative* terhadap satu *radio link*. Besarnya biasanya sekitar 2.0–3.0 dB.

Service yang dipakai *user* juga berpengaruh dalam proses perhitungan ini khususnya untuk parameter *Processing Gain*, oleh karenanya klasifikasi *user* berdasarkan *service* dibedakan menjadi :

- Voice dengan menggunakan *codec* AMR 12.2 kbps
- *Real-time data* 144 kbps
- *Non real-time data* 384 kbps

Sedangkan parameter-parameter lainnya, sama seperti perhitungan link budget pada umumnya. Dimana pada perhitungan tersebut terdapat beberapa parameter untuk *Transmitter (Mobile Station)* dan *Receiver (Base Station)* sehingga hasil akhir dari perhitungan ini didapat suatu nilai yang disebut MAPL (*Max. Allowable Propagation Loss*).

8.2 Propagation loss

Kemudian perhitungan *Propagation Loss* dilakukan untuk mengetahui jari-jari *cell* atau *coverage*, tentunya nilai *propagation loss* ini tidak boleh melebihi nilai MAPL. Dalam perhitungan ini banyak sekali model matematis yang ditawarkan, dimana model-model tersebut merupakan hasil dari percobaan disuatu tempat dengan karakter lingkungan yang berbeda-beda dan menggunakan *range* frekuensi berbeda pula.

Diantara model propagasi yang dapat berkerja pada frekuensi WCDMA adalah :

- Model Cost 231 Walfisch-Ikegami
Model ini merupakan gabungan model empiris yang digunakan untuk menghitung path loss pada area building dan urban dengan range frekuensi dari 800 Mhz sampai dengan 2.000 Mhz.

Persamaan model Cost 231 Walfisch-Ikegami :

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

Atau

$$L_{CWI} = L_{fs} \text{ untuk } L_{rts} + L_{ms} \leq 0$$

Untuk *Free space loss* (L_{fs}) :

$$L_{fs} = 32,4 + 20 \log d \text{ (km)} + 20 \log f \text{ (Mhz)} \text{ (dB)}$$

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

$$L_{rts} = -16,9 - 10 \log w + 10 \log f + 20 \log \Delta h_m + L_o \text{ (dB)}$$

Dimana :

$$w = \text{street width (m)}$$

$$\Delta h_m = h_r - h_m \text{ (m)}$$

$$L_o = -10 + 0,354\theta \text{ untuk } 0^\circ \leq \theta \leq 35^\circ$$

$$L_o = 2,75 + 0,075 (\theta - 35^\circ) \text{ dB}$$

$$\text{untuk } 35^\circ \leq \theta \leq 55^\circ$$

$$L_o = 4 - 0,114 (\theta - 55^\circ) \text{ dB}$$

untuk : $55^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$

$\theta = \text{incident angle relative to the street}$

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

$$L_{ms} = L_{bsh} + k_a + k_d \log d + k_f \log f - 9 \log b \text{ (dB)}$$

Dimana :

$b = \text{distance between buildings along radio path}$

(m)

$$L_{bsh} = -18 \log (1 - \Delta h_b) \text{ untuk } h_b > h_r$$

$$L_{bsh} = 0 \text{ untuk } h_b < h_r$$

$$K_a = 54 \text{ untuk } h_b > h_r$$

$$K_a = 54 - 0,8h_b \text{ untuk } d \geq 500$$

m; $h_b \leq h_r$

$$K_a = 54 - 1,6h_b \text{ untuk } d < 500$$

m; $h_b \leq h_r$

$$K_d = 18 \text{ untuk } h_b < h_r$$

$$K_d = 18 + [(15 \Delta h_b) / \Delta h_m] \text{ untuk } h_b \geq h_r$$

$K_f = 4 + 0,7 [(f / 925) - 1]$ untuk kota menengah dengan kerapatan pohon sedang.

$K_f = 4 + 1,5 [(f / 925) - 1]$ untuk daerah metropolitan

Range parameter untuk menjaga validitas model

Cost 231 antara lain :

$$800 \text{ Mhz} \leq f \leq 2.000 \text{ Mhz}$$

$$4 \text{ m} \leq h_b \leq 50 \text{ m}$$

$$1 \text{ m} \leq h_m \leq 3 \text{ m}$$

$$0,02 \text{ km} \leq d \leq 5 \text{ km}$$

$$b = 20 - 50 \text{ m}$$

$$w = b/2$$

$$\theta = 90^\circ$$

Roof = 3 m for *pitched roof* and 0 m for *flat roof*

$$h_r = 3 \cdot (\text{number of floors}) + \text{roof}$$

- Model Cost 231 Hata

Persamaan model Cost 231 Hata [23] :

$$L_{CH} = 46,3 + 33,9 \log f - 13,82 \log h_b + (44,9 - 6,55 \log h_b) \log d + c \quad (2.13)$$

Dimana :

h_b adalah ketinggian antenna BTS

parameter $c = 13 \text{ dB}$ untuk daerah dense urban

$c = 0 \text{ dB}$ untuk daerah urban

$c = -12 \text{ dB}$ untuk daerah suburban

$c = -27 \text{ dB}$ untuk daerah rural

Tabel 8.1. Estimasi jumlah pelanggan WCDMA

Tahun	Jumlah penduduk (A)	Jumlah pelanggan seluler (B = A x 22%)	Penetrasi layanan WCDMA (C)	Jumlah pelanggan WCDMA (B x C)
007	599.709	131.936	5 %	6.597
2008	612.483	134.747	15 %	20.212
2009	625.529	137.617	25 %	34.405
2010	638.853	140.547	35 %	49.192
2011	652.460	143.542	45 %	64.594

Prediksi pelanggan dilakukan tiap tahun karena jumlah pelanggan WCDMA dipengaruhi oleh faktor laju pertumbuhan penduduk, tingkat penetrasi seluler dan penetrasi layanan WCDMA terhadap sistem lainnya. Semua faktor tersebut tentu berubah tiap tahunnya akibat kelahiran, kematian, migrasi, daya beli masyarakat dan tingkat kebutuhan akan layanan seluler dan WCDMA.

Kemudian dari data penyebaran penduduk Denpasar^[7], diketahui bahwa 71,63% penduduk berada di daerah urban dan 28,37% di daerah sub urban. Sehingga diperkirakan pada tahun 2011 terdapat 46.269 pelanggan di daerah urban dan 18.325 pelanggan di daerah suburban.

9. Estimasi kebutuhan trafik

Selanjutnya tiap area urban dan suburban akan dibagi lagi berdasarkan kecepatan pergerakan user-nya. Berdasarkan pengamatan didapatkan bahwa daerah urban di Denpasar terdiri atas 30% building, 40% pedestrian dan 30% daerah vehicular. Sedangkan daerah suburban terdiri atas 10% building, 50% pedestrian dan 40% daerah vehicular. Pembagian ini dilakukan karena tiap tipe area ini akan memiliki nilai OBQ yang berbeda-beda akibat perbedaan nilai penetrasi pengguna tiap layanan, lama panggilan efektif dan busy hour call attempt. Selain itu, jenis layanan yang ditawarkan juga memberikan nilai OBQ yang berbeda akibat bitrate yang berbeda dari tiap layanan. Berikut adalah tabel yang dikeluarkan oleh ITU untuk membantu perhitungan OBQ^[12]

Tabel 9.1 Klasifikasi jenis layanan WCDMA

Symbol	Service Type	Transport Methode
S	Voice	Circuit Switch
SM	Short Message	Packet
SD	Switched Data	Circuit Switch
MMM	Medium	Packet
HMM	Multimedia	Packet
HIMM	High Multimedia	Packet
	High Interactive Multimedia	Packet

Tabel 9.2 Bitrate user tiap layanan

Net User Bit Rate		
Service Type	Uplink (Kbps)	Downlink (Kbps)
S	16	16
SM	14	14
SD	64	64
MMM	64	384
HMM	128	2000
HIMM	128	128

Tabel 9.3 Tingkat penetrasi layanan

Penetration Rates (%)			
Service Type	Building	Pedestrian	Vehicular
S	73	73	73
SM	40	40	40
SD	13	13	13
MMM	15	15	15
HMM	15	15	15
HIMM	25	25	25

Tabel 9.4 Busy Hour Call Attempt (BHCA)

Busy Hour Call Attempts (BHCA)			
Service Type	Building	Pedestrian	Vehicular
S	0.9	0.8	0.4
SM	0.06	0.03	0.02
SD	0.2	0.2	0.02
MMM	0.5	0.4	0.008
HMM	0.15	0.06	0.008
HIMM	0.1	0.05	0.008

Tabel 9.5 Durasi panggilan tiap layanan

Call Duration (Sec)			
Service Type	Building	Pedestrian	Vehicular
S	120	120	120
SM	30	30	30
SD	156	156	156
MMM	139	139	139
HMM	533	533	533
HIMM	180	180	180

9.1 Perhitungan Offered Bit Quantity (OBQ)

Pada penelitian ini perhitungan yang digunakan untuk estimasi kebutuhan trafik total layanan WCDMA menggunakan *Offered Bit Quantity (OBQ)*. Hal ini dikarenakan variasi layanan pada sistem WCDMA tidak hanya untuk suara, namun juga untuk data.

Untuk mendapatkan hasil perancangan yang optimal, maka data-data untuk melakukan penghitungan diambil pada saat jam sibuk. Sehingga kapasitas yang disediakan oleh sistem mampu

melayani semua user. Untuk area building, jam sibuk terjadi antara pukul 09.00 – 16.00. Sedangkan untuk area pedestrian, jam sibuk terjadi pada pukul 07.00 – 09.00 dan 16.00 – 18.00 yaitu saat terjadi kemacetan lalu lintas. Sedangkan area vehicular terjadi di luar jam-jam tersebut. Berikut adalah perhitungan OBQ yang dilakukan pada area urban dan suburban.

9.1.1 Daerah urban

Dari data dan hasil perhitungan sebelumnya, diketahui bahwa :

$$\sum User\ urban = 46.269\ pelanggan$$

$$Luas\ area = 77,79\ Km^2$$

$$Kepadatan\ user\ tiap\ Km^2 = 595\ user/Km^2$$

Distribusi pelanggan : 30% building, 40% pedestrian dan 30% daerah vehicular

$$OBQ = \sigma \times p \times d \times BHCA \times BW\ (bps/km^2)$$

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]

$$\begin{aligned} OBQ_{urban} &= OBQ_{building} + OBQ_{pedestrian} + \\ OBQ_{vehicular} &= 115,396 + 118,251 + 31.989 \\ &= 265,62\ Kbps/Km^2 \end{aligned}$$

9.1.2 Daerah suburban

$$\sum User\ Suburban = 18.325\ pelanggan$$

$$Luas\ area = 49,99\ Km^2$$

$$Kepadatan\ user\ tiap\ Km^2 = 367\ user/Km^2$$

Distribusi pelanggan : 10% building, 50% pedestrian dan 40% daerah vehicular

$$\begin{aligned} OBQ_{suburban} &= OBQ_{building} + OBQ_{pedestrian} + \\ OBQ_{vehicular} &= 23,726 + 91,173 + 26,314 \\ &= 141,2\ Kbps/Km^2 \end{aligned}$$

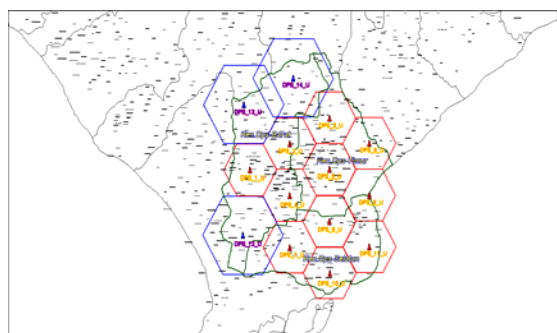
Tabel 9.6 Rekapitulasi perencanaan

Parameter	Urban	Suburban
Luas area	77,79 Km ²	49,99 Km ²
Jari-jari sel	1,7 Km	2,56 Km
Jumlah sel	11 sel	3 sel
Kapasitas reverse	2868,768 Kbps	2458,944 Kbps
Kapasitas forward	4626,728 Kbps	3830,76 Kbps
Loading Factor	0.7	0.6
Tinggi antena	40 m	45 m

10. Analisa penempatan base station

10.1 Perkiraan penempatan base station pada mapinfo

Dari hasil perencanaan, terdapat 11 base station untuk area urban dan 3 base station untuk area suburban. Masing-masing base station memiliki radius 1,7 Km dan 2,56 Km. Perkiraan penempatan akan dilakukan pada software mapinfo. Dalam software ini kita bisa mengetahui batas-batas kecamatan Denpasar serta nama daerahnya. Perkiraan penempatan akan mempertimbangkan daerah yang memiliki kepadatan penduduk yang tinggi dan topologi areanya. Untuk mengetahui persebaran penduduk pada tiap daerah di Denpasar kita bisa memakai data dari BPS Denpasar dan plot daerah pada mapinfo. Sedangkan untuk mengetahui topologi tiap area, struktur bangunan dan ketinggian areanya kita akan menggunakan google earth. Untuk mencegah kemungkinan penempatan site pada area terlarang maka penempatan akan mempertimbangkan radius untuk penempatan site.

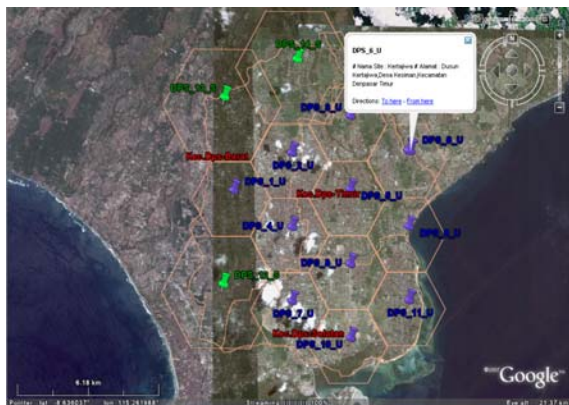


Gambar 10.1 Penempatan base station pada mapinfo

10.2 Penempatan base station pada google earth

Setelah perkiraan penempatan base station dilakukan pada mapinfo, maka hasil perkiraan penempatan dan radius coverage akan diekspor ke

google earth. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan alamat base station yang bersangkutan dan struktur bangunan pada area perencanaan.

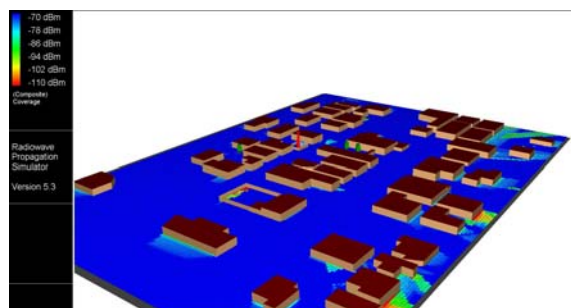


Gambar 10.1 Penempatan base station pada google earth

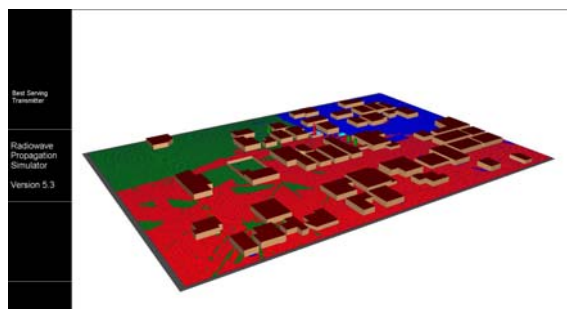
Setelah plot perencanaan dilakukan kita bisa mendapatkan informasi berupa nama site, site ID, longitude(lintang) dan latitude(bujur) serta alamat site tersebut . Berikut adalah tabel hasil rekapitulasi penempatan site pada Google earth .

10.3 Analisa penempatan base station pada RPS

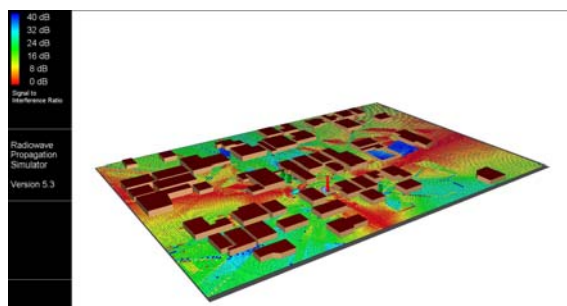
Pada google earth akan didapat plot bangunan dan obstacle disekitar site. Dalam simulasi RPS akan ditunjukkan pengaruh obstacle dan bangunan tersebut terhadap kualitas sinyal terima. Selain itu kita juga bisa mengetahui best server transmitter, SIR level serta receiver yang menerima sinyal LOS dari base station. Tiap base station yang disimulasikan memiliki tiga sector dengan tiga transmitter yaitu alpha,beta dan gamma.Berikut adalah analisa hasil simulasi pada RPS :



Gambar 10.2 Daya sinyal terima pada receiver



Gambar 10.3 Plot best server



Gambar 10.4 Plot SIR

PUSTAKA

- Holma, Hari dan Antti Toskala, "**WCDMA for UMTS**", John Wiley & Sons, Ltd, England: 2004
- Korhonen, Juha, "**Introduction 3G Mobile Communication**", Artech House, Inc, Boston: 2003
- Rappaport, T, "**Wireless Communication: Principles and Practice**", Prentice Hall, 1996
- ITU-R M,1390, "**Methodologi for The Calculation of IMT-2000 Terrestrial Spectrum Requirements**": 1999
- Lab Siskomber, STT Telkom, "**Planning dan Optimasi WCDMA**" : 1998
- Pradnyana, Made, "**Perencanaan Jaringan MPLS di Denpasar**", STT Telkom, Bandung
- Katalog BPS : 1403.5171, "**Denpasar Dalam Angka 2006**" : 2006", Badan Pusat Statistik Kota Denpasar
- Ardiansyah, Nachwan Mufti, "**Dasar Sistem Komunikasi Bergerak Selular**", STT Telkom, Bandung

ZTE-STTTelkom Asian Pacific Training, “Basic
Concept CDMA 2001X ”, STTTelkon,
Bandung

www.telkomsel.co.id , “CommunicAsia Summit
2006, di Tahun 2010, Pelanggan
Selular 120 juta”

UMTS forum, “UMTS / IMT 2000 Spectrum”:
1999

www.google.com, “SC03_13 ITU-R M.1390”