

Analisis *Link Budget* Dalam Penentuan Titik Antena Pada Sistem DCS1800 Dan UMTS2100 Di Gedung IKEA Tangerang

Fahraini Bacharuddin¹, Setiyo Budiyanto¹ dan Lusianna E P Siagian¹

Abstract: To improve signal quality in the building should be added a new system called the In-building coverage solution is a system with a transmitter and receiver are mounted inside that aims to serve the needs of telecommunications within the building in signal quality, coverage (coverage) and the traffic capacity. Therefore, in this research, the results of the analysis of the value of Effective Isotropic Radiated Power (EIRP) two network system is DCS1800 and UMTS2100 in building IKEA Tangerang on the link budget calculation antenna resulting from the implementation of the antenna in the field so well-known coverage antennas of two systems and compared walk test results before and after doing an antenna distribution on IKEA buildings Tangerang. This data was obtained from PT. Solusi Tunas Pratama and PT. XL Axiata. Tbk. In the DCS1800 system Value 19.83 dBm EIRP highest, lowest and distance coverage 7:32 dBm largest and smallest 47.17 m 12.5 m, the system UMTS2100 Value 18.83 dBm EIRP highest, lowest and distance coverage 5:04 m the greatest and smallest 11.6 m 38.2 m. After implementation antenna by considering the results of the walk test then the signal quality can be improved and the results are in accordance with KPI (Key Performance Index).

Keywords: Indoor Building System, EIRP, link budget, coverage indoor

Abstrak: Untuk memperbaiki kualitas sinyal di dalam gedung perlu ditambahkan sistem baru yang di sebut In-building coverage solution yaitu suatu sistem dengan perangkat pemancar dan penerima yang dipasang didalam yang bertujuan untuk melayani kebutuhan akan telekomunikasi di dalam gedung tersebut dalam kualitas sinyal, cakupan (coverage) dan kapasitas trafiknya. Oleh karena itu pada penelitian ini, hasil analisa nilai *Effective Isotropic Radiated Power* (EIRP) dua sistem jaringan yaitu DCS1800 dan UMTS2100 di gedung IKEA Tangerang pada perhitungan link budget antenna yang dihasilkan dari implementasi antenna di lapangan sehingga diketahui luas cakupan antenna dari dua sistem dan dibandingkan hasil walk test sebelum dan setelah dilakukannya distribusi antenna pada gedung IKEA Tangerang. Data ini didapat dari PT. Solusi Tunas Pratama dan PT. XL Axiata.Tbk. Pada sistem DCS1800 Nilai EIRP tertinggi 19.83 dBm, terendah 7.32 dBm dan jarak cakupan terbesar 47.17 m dan terkecil 12.5 m, pada sistem UMTS2100 Nilai EIRP tertinggi 18.83 dBm, terendah 5.04 m dan jarak cakupan terbesar 38.2 m dan terkecil 11.6 m. Setelah dilakukan implementasi antenna dengan mempertimbangkan hasil walk test maka kualitas sinyal dapat diperbaiki dan hasilnya sesuai dengan *Key performance Index* (KPI).

Kata Kunci: Indoor Building System, EIRP, link budget, coverage indoor

PENDAHULUAN

Seiring dengan pembangunan gedung bertingkat dan kerapatannya yang tinggi mengakibatkan banyak terjadi proses redaman terhadap sinyal telekomunikasi sehingga komunikasi yang diharapkan handal akan mengalami gangguan, sering terjadi sinyal dari antenna *Base Transceiver Station* (BTS) *outdoor* tidak dapat terjangkau pelanggan (*user*) yang berada dalam gedung (*indoor*). Hal inilah yang kemudian menjadi kendala sering terputus atau hilangnya sinyal apabila *user* sedang berada di dalam ruangan atau gedung tertutup dan terkadang harus memutuskan pembicaraan jika harus memasuki ruangan lift, *basement* atau jika berada di lantai yang tinggi di sebuah gedung bertingkat karena kualitas sinyal yang dihasilkan buruk yang mengakibatkan komunikasi tidak berjalan dengan baik. Untuk memperbaiki kualitas sinyal di dalam gedung perlu ditambahkan sistem baru yang disebut *Indoor Building Solution* (IBS) yaitu suatu sistem dengan perangkat pemancar dan penerima yang dipasang didalam yang bertujuan untuk melayani kebutuhan akan telekomunikasi di dalam gedung tersebut dalam kualitas sinyal, cakupan (coverage) dan kapasitas trafiknya

Kuat sinyal yang diterima oleh *user* tidak dapat diterima dengan baik karena sinyal BTS di luar gedung mengalami redaman (*loss*) yang cukup besar dari dinding bangunan. Besarnya *loss* tergantung konstruksi bangunan sehingga menjadi persoalan adalah bagaimana memperbaiki kualitas sinyal di dalam gedung yang memiliki kualitas sinyal yang jelek sehingga diharapkan mampu memuaskan pelanggan. Oleh karena itu pada penelitian ini akan menganalisa *link budget* dalam penentuan titik antenna dua sistem jaringan DCS1800 dan UMTS2100 secara teori yang dihasilkan dari perencanaan dan implementasi antenna di lapangan sehingga dapat diketahui luas cakupan antenna dari dua sistem dan membandingkan hasil *walk test* sebelum dan setelah dilakukannya distribusi antenna pada gedung IKEA Tangerang. Antena yang digunakan pada sistem *indoor* ini adalah antenna *omnidirectional*. Data tersebut didapat dari PT Solusi Tunas Pratama dan Operator PT. XL Axiata tbk.

TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengenathui nilai perhitungan Link Budget pada perencanaan dan implementasi system indoor pada dua system jaringan yaitu DCS1800 dan UMTS2100 pada gedung IKEA Tangerang dengan melihat hasil walk test pada distribusi antenna sehingga bisa merencanakan penempatan titik antenna sehingga riangan dapat tercover oleh dengan baik

RUMUSAN MASALAH

Adapun perumusan penelitian ini adalah sebagai berikut:

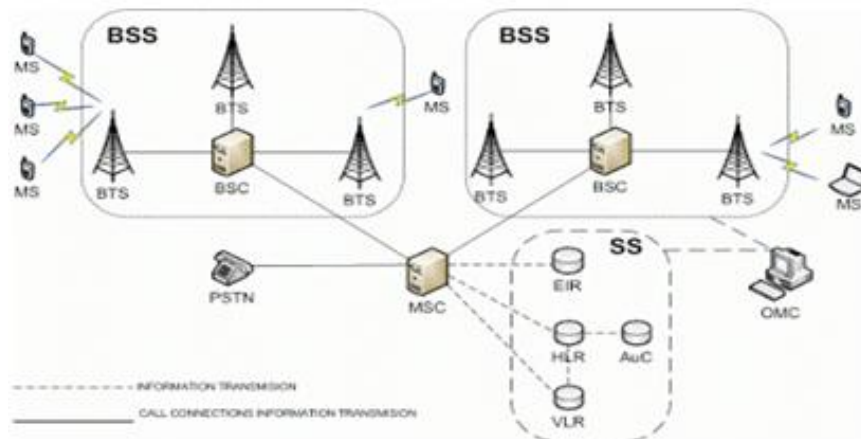
¹ Jurusan Teknik Elektro Universitas Mercu Buana Jakarta

1. Bagaimana menganalisa *link budget* dalam penentuan titik antenna dua sistem jaringan DCS1800 dan UMTS2100 secara teori yang dihasilkan dari perencanaan dan implementasi antenna di lapangan sehingga dapat diketahui luas cakupan antenna dari dua sistem dan membandingkan hasil *walk test* sebelum dan setelah dilakukannya distribusi antenna pada gedung IKEA Tangerang.
2. Bagaimana mengatur penempatan titik-titik antenna sehingga dapat mencakup seluruh ruangan.
3. Bagaimana solusi pemakaian bersama infrastruktur *in-building* untuk mendapatkan dengan performansi yang baik.

GLOBAL SISTEM FOR MOBILE (GSM)

ARSITEKTUR JARINGAN GSM

Sebuah jaringan GSM dapat dibagi menjadi empat bagian yaitu: *Mobile Station (MS)*, *Base Station Subsystem (BSS)*, *Network and Switching Subsystem (NSS)*, dan *Operation and Maintenance Subsystem (OSS)*. Gambar 1 berikut ini adalah gambar arsitektur jaringan GSM:

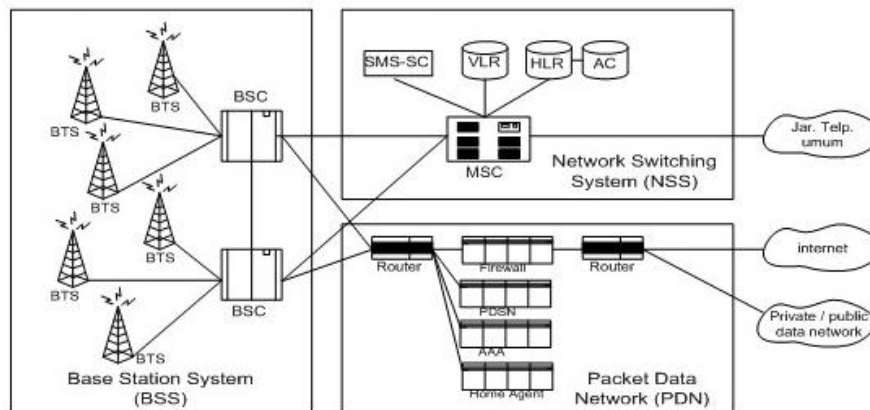


■ Gambar 1. Arsitektur Jaringan GSM

CODE DIVISION MULTIPLE ACCESS (CDMA)

ARSITEKTUR JARINGAN CDMA

Pada Gambar 2 merupakan skema struktur jaringan CDMA secara umum terdiri dari:



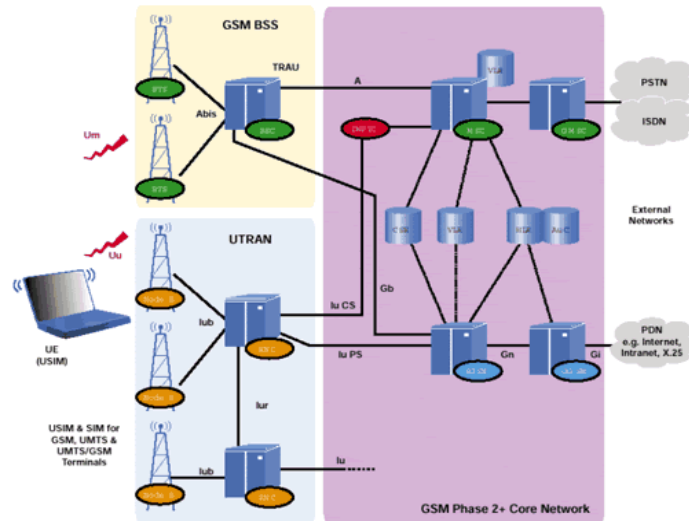
■ Gambar 2. Sistem Arsitektur CDMA

UNIVERSAL MOBILE TELECOMMUNICATION UNION (UMTS)

Universal Mobile Telecommunication System (UMTS) merupakan suatu evolusi dari GSM yang mendukung generasi ke tiga (3G) yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan *user* tersebut dengan kecepatan akses mencapai 2 Mbps, UMTS digunakan standar sistem telekomunikasi generasi ketiga ber basis WCDMA yang dibangun diatas *platform* GSM, UMTS, WCDMA dapat bersama dengan memanfaatkan jaringan inti (*core network*) yang sama.

ARSITEKTUR JARINGAN UMTS

Pada Gambar 3 menunjukkan sistem kerja UMTS secara umum ada tiga bagian yang terpenting dari sistem arsitektur teknologi UMTS yaitu *User Equipment (UE)*, *UMTS Terrestrial RadioAccess Network (UTRAN)*, dan *Core Network (CN)*.



■ Gambar 3. Sistem Arsitektur UMTS

SISTEM LINK BUDGET

INDOOR BUILDING SOLUTION (IBS)

Pada dasarnya alasan utama dalam pembangunan IBS adalah kurangnya RX level (sinyal) yang berada di dalam gedung sehingga tujuan IBS adalah untuk memperbaiki kualitas sinyal dan trafik didalam gedung yang memiliki kualitas sinyal jelek atau memiliki trafik yang sangat padat. IBS akan dipasang/diimplementasikan jika area gedung tersebut memiliki kualitas sinyal yang rendah yang menyebabkan terjadinya *drop call* atau *blank spot*.

Suatu jaringan telekomunikasi yang berbasis DCS1800 MHz dan UMTS 2100 MHz mempunyai solusi untuk mendesain jaringan telekomunikasi di dalam gedung yang menyediakan sinyal bagi pengguna agar dapat menggunakan suatu alat telekomunikasi (*cellular phone*) dimana saja berada terutama di dalam gedung yang sulit dijangkau oleh sinyal dari luar (*outdoor*) maka dari itu suatu operator telekomunikasi menyediakan desain khusus di dalam gedung untuk meningkatkan sinyal.

Dalam mendesain suatu jaringan telekomunikasi *indoor building solution* dibutuhkan tiga kriteria desain, yaitu:

1. *Coverage Area*
2. *Capacity*
3. *Signal level (Quality)*

PERENCANAAN INDOOR BUILDING SOLUTION (IBS)

Kebutuhan akan penyediaan cakupan jaringan radio di dalam gedung yang semakin meningkat belakangan ini seiring bertambahnya pengguna telepon seluler dan gedung-gedung bertingkat di Jakarta, maka diperlukan suatu solusi yaitu membangun sistem jaringan BTS tersendiri di dalam suatu gedung (*indoor*) untuk menambah kapasitas selain dari jaringan BTS luar sudah ada (*outdoor*).

Untuk merencanakan Sistem Indoor ada beberapa cara yaitu dengan :

1. Simulasi peletakkan antena sistem *indoor* dengan menggunakan *software* simulasi jaringan radio seperti : NPS/I (NOKIA), *Site planner* dan *TEMS LIGHT*
2. Perhitungan *power budget / link budget*.

Untuk penelitian ini penulis akan membahas dengan cara perhitungan *link budget*. *Linkbudget* merupakan faktor penting dalam merancang sistem *indoor* didalam ruangan.

PERANGKAT INDOOR

Perangkat pada suatu gedung dengan sistem *multi network* mempunyai spesifikasi tertentu yang biasa di pakai oleh beberapa sistem yang ada GSM, UMTS, WCDMA. Berikut perangkat perangkat yang digunakan :

1. Perangkat Aktif
 - a. RBS
 - b. Repeater
2. Perangkat pasif
 - a. Antenna
 - b. Jumper
 - c. Kabel Coaxial
 - d. RF Tapper
 - e. Splitter

- f. Coupler
- g. Multi Combiner
- h. Duplexer
- i. Connector

SISTEM ANTENNA

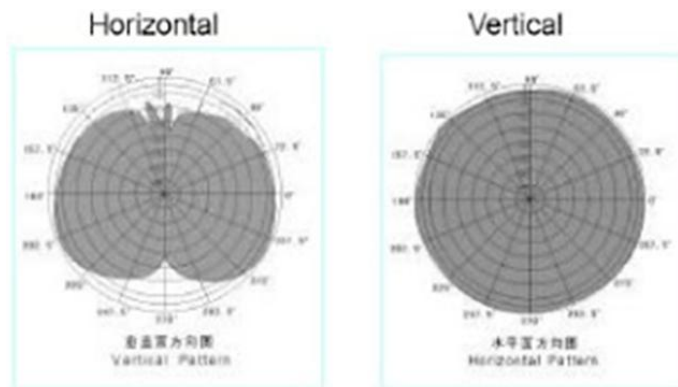
Distributed Antenna Systems (DAS) untuk sistem *indoor* dapat dibagi dalam empat kategori :

1. Antena *Ingerasi*
2. Antena distribusi melalui jaringan kabel *fiber optic*
3. Antena distribusi menggunakan kabel *bocor (leaky cable)*
4. Antena distribusi menggunakan kabel *coaxial (feeder cable)*

Sistem *multi network* menggunakan *frekuensi range* 820-960/1710-2500 Mhz. Penggunaan *indoor* biasanya digunakan 2 tipe *antenna*, yaitu:

a. Antenna Omnidirectional

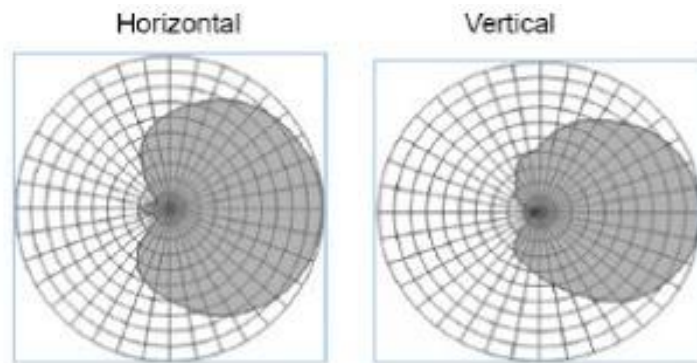
Antenna jenis ini paling banyak digunakan dalam perencanaan *indoor*, *Antenna omni* memiliki propogasi melingkar 360⁰.



■ Gambar 4. Pola radiasi antenna omni-directional

b. Antenna Directional

Antena directional memiliki karakteristik *propogasi sektoral*. Antena jenis ini memiliki peningkatan *gain* pada satu atau beberapa arah, akan tetapi mengalami pengurangan *gain* pada arah yang lain. *Antenna directional* pada perencanaan *indoor* biasanya digunakan pada bangunan yang memiliki lorong-lorong.



■ Gambar 5. Pola radiasi antenna directional

Antena yang digunakan dalam sistem *indoor* ini adalah antena dengan tipe *omni directional*.

LOSS

JSbelum menghitung *link budget* masing-masing material yang digunakan harus dikalkulasikan karena masing-masing material yang digunakan mempunyai rugi-rugi (*loss*) yang besarnya berbeda-beda dan mempengaruhi dalam perhitungan *link budget*. Rugi rugi (*loss*) yang mempengaruhi antara lain :

1. Cable loss
2. Splitter loss
3. Coupler loss
4. Jumper loss
5. Tapper loss

6. *Wall loss*
7. *Body loss*
8. *Combiner loss*
9. *Path loss*

EFFECTIVE ISOTROPIC RADIATED POWER (EIRP)

Effective Isotropic Radiated Power (EIRP) atau disebut juga *equipment isotropic radiated power* adalah penjumlahan antara daya pancar pada antena dengan *gain* (penguatan) antena dari pemancar, dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{EIRP} = \text{Tx Power (dBm)} + \text{Antenna Gain (dB)}$$

Dimana :

Tx Power = daya pancar (dBm)

Antenna Gain = penguatan antena pemancar (dB)

LINK BUDGET

Perhitungan *link budget* dimaksudkan untuk dapat menghitung atau merencanakan kebutuhan daya sistem seluler sedemikian rupa, sehingga kualitas sinyal di penerima memenuhi standart yang diinginkan.

Link budget pada system perencanaan di bagi menjadi dua bagian yaitu : *Uplink/ Link reverse* (dari MS menuju BTS) dan *Downlink / Link Forward* (dari BTS menuju MS), untuk mendapatkan nilai *path loss* tersebut di ketahui dulu besar nilai MAPL (*Maximum Allowable Path Loss*), parameter di hitung dengan persamaan berikut:

$$L_{\max} = \text{EIRP} - \text{Sensitivitas} + G_{\text{BTS}} - L_{\text{cable}} - \text{FM}$$

$$\text{Sensitivitas} = E_b/N_o + N_o + I_m + \text{Information Rate} + \text{NF}_{\text{BTS}}$$

Dengan :

$$\text{EIRP} = P_{\text{MS}} + G_{\text{MS}} - L_{\text{body}}$$

$$\text{EIRP} = \text{EIRP}_{(\text{MS/BTS})}$$

$$L_{\max} = \text{Loss maksimum yang diizinkan}$$

$$\text{Sensitivitas} = \text{Sensitivitas (BTS/MS)}$$

$$P_{\text{MS}} = \text{Daya Pancar MS}$$

$$G_{\text{BTS}} = \text{Gain BTS}$$

$$\text{FM} = \text{Fading Margin}$$

$$G_{\text{MS}} = \text{Gain MS}$$

$$L_{\text{body}} = \text{Loss Body}$$

$$E_b/N_o = \text{Kualitas Kanal Trafik}$$

$$N_o = \text{Receiver Noise Density}$$

$$I_m = \text{Receiver Interference Margin}$$

$$\text{NF}_{\text{BTS}} = \text{Noise Figure BTS}$$

COVERAGE AREA

Untuk memperkirakan seberapa banyak antena yang dapat dipasang pada tiap lantai didalam gedung, dapat dihitung dengan cara menghitung area yang tercakup oleh sebuah antena. Dengan mengetahui luas dan jarak (jari-jari) yang dapat dihasilkan oleh masing-masing antena, maka dapat diperkirakan seberapa banyak dan letak antena yang dibutuhkan per satuan luas lantai (m^2). Untuk mencari jarak (jari jari) yang didapat dicakup oleh antena (d) dapat dihitung dengan rumus :

$$d = 10^{\left(\frac{\text{EIRP} - \text{fading} - \text{bodyloss} - \text{RxLev} - 20 \log \left(\frac{4\pi f}{c} \right)}{\text{IBLF}} \right)}$$

Dimana :

D = jarak (jari-jari) dari antena pemancar (meter)

EIRP = Effective Isotropic Radiated Power (dBm)

Fading = 7 dB

Bodyloss = Redaman yang diakibatkan oleh tubuh manusia (3dB)

RxLev = Kuat inyal yang ditentukan oleh perusahaan

IBLF = *Inbulidng Loss factor*

Maka :

$$\text{LuasArea} = d^2\pi$$

PENGUKURAN PERFORMANSI SINYAL DENGAN WALK TEST

TEMS merupakan suatu alat ukur untuk melakukan imvestigasi performansi jaringan seluler yang diproduksi oleh perusahaan jaringan BTS *Ericson*. yang juga dapat digunakan untuk mengukur performansi jaringan BTS *micro indoor* dan kegiatan pengukuran di sebut *walk test*. *Walk test* adalah kegiatan pengukuran sambil berjalan ke seluruh area cakupan. sehingga hasil pengukuran sesuai dengan sinyal yang sebenarnya pada setiap titik atau sudut area cakupan. Pada umunya data *walktest* melihat dua data yang ada yaitu *dedicated mode* dan *idle mode*

PERHITUNGAN EIRP SISTEM MULTI NETWORK

Perhitungan *link budget* yang akan dilakukan pada pembahasan ini yaitu pada lantai 1 (*level 1*) ada 4 antenna yang akan di analisa yaitu (A-L1-18, A-L1-19, A-L1-20 dan A-L1-21) menunjukkan lokasi letak nomor *antenna* (dapat dilihat pada gambar 6) pada ke empat *antenna* tersebut akan membuktikan perbedaan luas cakupan dari ke dua sistem Untuk memperoleh hasil perhitungan tersebut ada beberapa tahapan-tahapan sebagai berikut yang harus di perhatikan.

Pengumpulan data matrial list keempat *antenna* tersebut :

- Panjang kabel *feeder* (*coaxial cabel*) yang di butuhkan
- Conector* yang di butuhkan
- Jumper* yang dibutuhkan
- Tapper* yang dibutuhkan
- Splitter* yang dibutuhkan
- Multi combiner*

Berikut Tabel 1 yang menunjukkan kebutuhan material list dan Tabel 2 parameter *link budget uplink*, Tabel 3 Parameter *link budget downlink* yang digunakan dalam perhitungan.

■ Tabel 1. Material List

Material List	A-L1-18	A-L1-19	A-L1-20	A-L1-21
<i>Feeder 1/2</i>	14	5	16	13
<i>Feeder 7/8</i>	30	20	0	30
<i>Feeder 1 1/4</i>	150	180	150	150
<i>Jumper</i>	7	6	6	7
<i>Connector</i>	8	6	6	8
<i>Tapper 7 dB</i>	1	0	1	1
<i>Coupler 10 dB</i>	1	0	1	1
<i>Splitter 2 way</i>	1	2	2	1
<i>Splitter 4 way</i>	1	1	0	1
QBC	1	1	1	1
MCM	1	1	1	1

■ Tabel 2. Parameter *Link Budget Uplink*

Parameter	2G	3G
UPLINK	Loss(dB)	Loss(dB)
<i>Frequency</i>	1800 MHz	2100 MHz
<i>TX Node B Power</i>	30	21
<i>TX antenna Gain</i>	0	0
<i>Body Loss</i>	3	3
EIRP	27	18
Rx Sensitivity	-110	-123.5
<i>RX Antena Gain</i>	3	3
<i>Body Loss</i>	0	0
<i>Interference Margin</i>	3	3
Minimum RX Level	-110	-123.5

Dari data-data pada Tabel 1, Tabel 2 dan Tabel 3 akan di peroleh nilai EIRP pada *link budget* masing – masing sistem jaringan.

■ Tabel 3. Parameter *link budget downlink*

Parameter	2G	3G
<i>Downlink</i>	Loss(dB)	Loss(dB)
<i>Frequency</i>	1800 MHz	2100 MHz
<i>Threshold of area</i>	-85	-85
<i>Area Probability</i>	95	90
<i>Edge probability</i>	87.15 %	75.80 %
<i>Shadowing Margin</i>	10.2	6.3
<i>Body Loss</i>	3	3
<i>Coverage Threshold</i>	-74.8	-78.8
<i>TX Node B Power</i>	39	33
<i>TX Antena Gain</i>	3	3
<i>RX Sensitivity</i>	-102	-113.8
<i>RX Antena Gain</i>	0	0
<i>Body Loss</i>	3	3
<i>Interference Margin</i>	3	3

PERHITUNGAN LINK BUDGET DCS 1800

Berikut perhitungan masing – masing *antenna* pada sistem 2G (1800), pada perhitungan EIRP pada sisi transmitter

Perhitungan EIRP (Transmitter) DCS 1800

Dengan menggunakan persamaan berikut kita mengetahui nilai EIRP, terlebih dahulu kita mencari nilai loss pada masing masing antenna ,

$$\text{EIRP} = \text{Tx Power (dBm)} + \text{Antenna Gain (dB)} - \sum \text{loss}$$

Salah satu perhitungannya :

$$\begin{aligned} \text{Total loss} &= ((-0.0996) \times (14)) + ((-0.0563) \times (30)) + ((-0.0415) \times (150)) + ((-0.26) \times (7)) + \\ &\quad ((-0.1) \times (8)) + ((-1.05) \times (1)) + ((-0.45) \times (1)) + ((-3.3) \times (1)) + ((-6.3) \times (1)) + \\ &\quad ((-0.3) \times (1)) + ((-6.1) \times (1)) \\ &= -29.43 \text{ dB} \\ \text{Total EIRP} &= 38 \text{ dBm} + 4 \text{ dB} + (-29.43) \text{ dB} \\ &= 12.6 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Perhitungan Maximum useful Pathloss (Downlink) DCS1800

Persamaan berikut adalah untuk menghitung nilai maksimum *pathloss* pada sisi *downlink* untuk mengetahui nilai *pathloss* tersebut, terlebih dahulu menghitung nilai minimum Rx Level. Berikut salah satu perhitungan antenna

$$\begin{aligned} L_{\text{max}} (\text{DL}) &= \text{EIRP} - (\text{Min Rx Lev}) + (\text{Min Rx Level} - \text{Coverage Threshold}) \\ \text{Min Rx Level} &= \text{Rx Sensitivity} - (\text{Rx Antena Gain}) + \text{Body Loss} + \text{Interference margin} \\ &= (-102.0) \text{ dBm} - 0 \text{ dB} + 3 \text{ dB} + 3 \text{ dB} \\ &= -96 \text{ dBm} \\ \text{Coverage Threshold} &= \text{Threshold Area} + \text{Shadowing Margin} \\ &= -85 \text{ dBm} + 10.2 \text{ dB} \\ &= -74.80 \text{ dBm} \\ L_{\text{max}} (\text{DL}) &= 12.6 \text{ dBm} - (-96) \text{ dBm} + ((-96) \text{ dBm} - (-74.80)) \text{ dBm} \\ &= 12.6 \text{ dBm} + 96 \text{ dBm} - 96 \text{ dBm} + 74.80 \text{ dBm} \\ &= 87.37 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Perhitungan Maximum useful Pathloss (Uplink) DCS1800

Persamaan berikut adalah untuk menghitung nilai maximum *pathloss* pada sisi *uplink* , untuk mengetahui nilai *pathloss* tersebut, terlebih dahulu menghitung nilai minimum Rx level

$$\begin{aligned} L_{\text{max}} (\text{UL}) &= \text{EIRP (BTS)} - (\text{Minimum Rx level}) \\ \text{Min Rx Lev} &= \text{Rx Sensitivity} - (\text{Rx Antena Gain}) + \text{Body loss} + \text{Interference Margin} \\ &= -110 - (3) \text{ dB} + 0 \text{ dB} + 3 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= -110 \text{ dBm} \\
 \text{EIRP (BTS)} &= \text{Tx Tower BTS} + \text{Body Loss} \\
 &= 30 \text{ dBm} - 3 \text{ dBm} \\
 &= 27 \text{ dBm} \\
 \text{Lmax (UL)} &= 27 \text{ dBm} - (-110) \text{ dBm} \\
 &= 137 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan *Cell Radius* DCS1800

Pada persamaan di bawah ini merupakan perhitungan untuk mengetahui nilai radius sel pada masing-masing antenna, dimana masing-masing antenna mempunyai *coverage* berbeda-beda pada sistem 2G (1800 MHz) Dengan ketentuan Rx Lev dari Operator sebesar -80 dBm, maka di dapat cakupan :

$$\begin{aligned}
 d &= 10^{\left(\frac{\text{EIRP} - \text{fading} - \text{bodyloss} - \text{RxLev} - 20 \log\left(\frac{4\pi f}{c}\right)}{4BLF}\right)} \\
 d &= 10^{\frac{12.6 - 5 - 3 + 80 - 20 \log\left(\frac{4\pi f}{c}\right)}{34.8}} \\
 &= 22.5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Perhitungan *Link Budget* UMTS 2100

Berikut perhitungan masing – masing *antenna* pada sistem UMTS 2100, pada perhitungan EIRP pada sisi transmitter

Perhitungan *EIRP (Transmitter)* UMTS2100

Dengan menggunakan persamaan berikut, kita mengetahui nilai EIRP , terlebih dahulu kita mencari nilai loss pada masing masing antenna,

$$\text{EIRP} = \text{Tx Power (dBm)} + \text{Antenna Gain (dB)} - \sum \text{loss}$$

Berikut perhitungannya salah satu antena

$$\begin{aligned}
 \text{Total Loss} &= ((-0.109) \times (14)) + ((-0.0615) \times (30)) + \\
 &\quad ((-0.0455) \times (150)) + ((-0.26) \times (6)) + \\
 &\quad ((-0.1) \times (8)) + ((-1.05) \times (1)) + ((- \\
 &\quad 0.45) \times (1)) + ((6.3) \times (1)) + ((-0.3) \times \\
 &\quad (1)) + ((-6.1) \times (1)) \\
 &= -26.76 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total EIRP} &= 33 \text{ dBm} + 4 \text{ dB} + (-26.76) \text{ dB} \\
 &= 10.2 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan *Maximum useful Pathloss (Downlink)* UMTS2100

Persamaan berikut adalah untuk menghitung nilai maksimum *pathloss* pada sisi *downlink*, untuk mengetahui nilai *pathloss* tersebut, terlebih dahulu menghitung nilai minimum Rx Level

$$\text{Lmax (DL)} = \text{EIRP} - (\text{Min Rx Lev}) + (\text{Min Rx Level} - \text{Coverage Threshold})$$

$$\begin{aligned}
 \text{Min Rx Level} &= \text{Rx Sensitivity} - (\text{Rx Antena Gain}) + \text{Body Loss} + \text{Interference Margin} \\
 &= (-113.8) \text{ dBm} - 0 \text{ dB} + 3 \text{ dB} + 3 \text{ dB} \\
 &= -107.8 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Coverage Threshold} &= \text{Threshold Area} + \text{Shadowing Margin} \\
 &= -85 \text{ dBm} + 6.3 \text{ dB} \\
 &= -78.7 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lmax (DL)} &= 10.2 \text{ dBm} - (-96) \text{ dBm} + ((-96) \text{ dBm} - (-78.7)) \text{ dBm} \\
 &= 10.2 \text{ dBm} + 96 \text{ dBm} - 96 \text{ dBm} + 78.7 \text{ dBm} \\
 &= 85.04 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan *Maximum useful Pathloss (Uplink)* UMTS2100

Persamaan berikut adalah untuk menghitung nilai maximum *pathloss* pada sisi uplink, untuk mengetahui nilai *pathloss* tersebut, terlebih dahulu menghitung nilai minimum Rx level

$$\text{Lmax (UL)} = \text{EIRP (BTS)} - (\text{Minimum Rx level})$$

$$\begin{aligned}
 \text{Min Rx Lev} &= \text{Rx Sensitivity} - (\text{Rx Antena Gain}) + \text{Body loss} + \text{Interference Margin} \\
 &= -123.5 - (3) \text{ dB} + 0 \text{ dB} + 3 \text{ dB} \\
 &= -123.5 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{EIRP (BTS)} &= \text{Tx Tower BTS} + \text{Body Loss} \\
 &= 21 \text{ dBm} - 3 \text{ dBm} \\
 &= 18 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Lmax (UL)} = 18 \text{ dBm} - (-123.5) \text{ dBm}$$

$$= 141.5 \text{ dBm}$$

Perhitungan Cell Radius UMTS2100

Pada persamaan di bawah ini merupakan, perhitungan untuk mengetahui nilai *radius cell* pada masing-masing antena, dimana masing-masing antena mempunyai *coverage* berbeda-beda pada sistem 3G 2100 MHz. Contoh perhitungan pada A-L1-18

$$d = 10^{\frac{10.2 - 5 - 3 + 85 - 20 \log\left(\frac{4\pi f}{c}\right)}{38}}$$

$$d = 18.7 \text{ m}$$

■ Tabel 4. Hasil Perhitungan *sample* antena ke dua sistem *multi network*

Band	1800			
Penomoran Antenna	A-L1-18	A-L1-19	A-L1-20	A-L1-21
Total Loss	-29.43	-30.55	-30.48	-29.33
EIRP (dBm)	12.6	11.4	11.5	12.7
Lmax Downlink (dBm)	87.37	86.24	86.32	87.47
Lmin Uplink (dBm)	137	137	137	137
Radius Cell)	22.5	20.8	20.9	22.6
	2100			
	A-L1-18	A-L1-19	A-L1-20	A-L1-21
	-26.76	-27.87	-27.67	-26.65
	10.2	9.1	9.3	10.4
	85.04	83.93	84.13	85.15
	141.5	141.5	141.5	141.5
	18.7	17.5	17.7	18.9

ANALISA EFFECTIVE ISOTROPIC RADIATED POWER (EIRP)

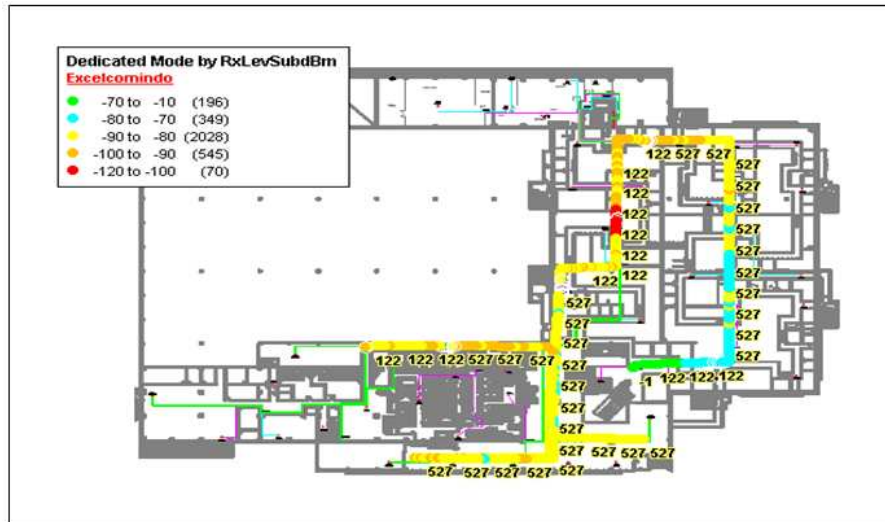
Dari perhitungan diatas tersebut terlihat bahwa hal pertama yang kita lakukan adalah perhitungan *loss* maka dapat dihitung nilai dari kuat sinyal pada ke empat lantai. Dan selanjutnya didapat nilai luas cakupannya. Nilai min EIRP adalah 5 dBm, jika nilai EIRP yang kita peroleh belum mencapai nilai yang tidak diinginkan maka harus dilakukan tahap perencanaan ulang dengan merubah peralatan yang akan dipakai (desain penentuan antena, pemilihan topologi dan jalur kabel serta penggunaan tipe *splitter*). Dan merubah skematik diagramnya sampai diperoleh Tabel *link budget* yang diinginkan. dari hasil perhitungan. Berikut adalah hasil perbandingan pada masing masing sistem dalam perangkat, ditunjukkan pada Tabel 4. Nilai EIRP yang telah dilakukan dihasilkan nilai maximum dan nilai minimum dari keseluruhan *antenna* dan berikut hasil dari perhitungan maximum dan minimum pada Tabel 4.

Dari hasil perhitungan diatas dapat dilihat dengan menggunakan *multi network*, hasil EIRP nya berbeda. Nilai EIRP UMTS 2100 merupakan yang paling kecil nilainya dibandingkan dengan sistem DCS1800. Semakin panjang kabel yang dipergunakan akan semakin besar *loss* yang terjadi. Agar nilai EIRP dapat meningkat atau mendekati nilai EIRP DCS1800 operator perlu mendesain ulang jaringan distribusi antena dengan cara mengganti kabel *feeder* dan *splitter* dengan nilai rugi-rugi (*loss*) yang lebih kecil ataupun mengganti jenis antena yang digunakan dengan *gain* yang tinggi atau solusi untuk meminimaliskan pemakaian kabel adalah dengan penempatan BTS diusahakan terletak pada bagian tengah gedung atau lantai pertengahan. Sehingga jalur panjang kabel yang mendistribusikan antena ke lantai bagian atas dan bagian bawah akan relative sama panjang. Hasilnya selain pemakaian kabel yang efisien dapat meminimalkan *budget* yang dikeluarkan. Peletakkan titik antena pada lantai 1 akan dipasang antena baru setelah mempertimbangkan hasil *walk test*.

ANALISA HASIL WALK TEST 2G

Berikut hasil data *walktest* pada lantai 1 yang dilakukan sebelum diadakannya penambahan kapasitas dari BTS dengan menggunakan TEMS *Investigation* agar dapat diketahui *cell* mana yang perlu ditambah kapasitasnya.

Standart yang digunakan dalam pengukuran *Rx level* di PT XL Axiata untuk nilai *Rx level* > -80 dBm dengan target > 95 %. Dari gambar diatas adalah hasil *walk test* yang terjadi pada lantai 1 menunjukkan jumlah plot terbanyak berada di warna kuning yang menyatakan kuat sinyal sedang yang mendominasi berada di level -90 to -80, tetapi terdapat hasil *Rx* baik ditandai dengan warna biru muda, dapat kemungkinan adalah signal dari *channel outdoor* karena pada lantai tersebut belum adanya antena *existng*. Jumlah plot berwarna merah sebanyak 70 plot. Untuk mengetahui lebih detail nilai *level* sinyal di lantai 1 dapat dilihat dari Tabel 5.

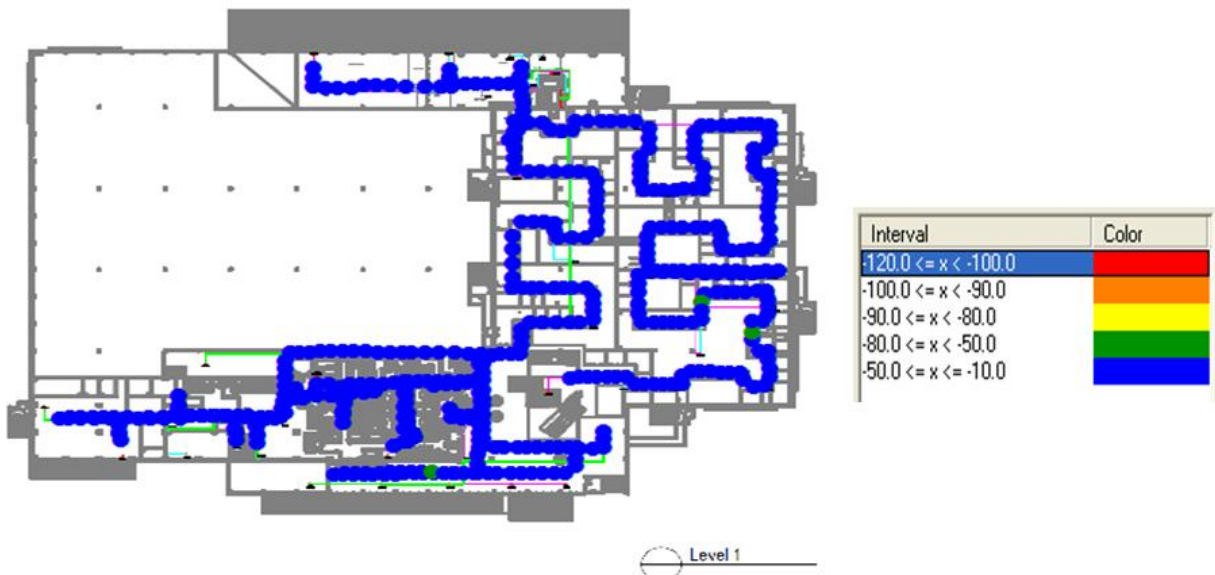


■ Gambar 6 Hasil Walk Test 2G sebelum penambahan Antenna

■ Tabel 5. Rx level lantai 1

RX LEVEL (dBm)	Value
≥ -80 dBm (%)	17
≥ -115 dBm (%)	83
TOTAL (%)	100

Pada Tabel 5 diatas memperlihatkan kualitas jaringan di lantai 1 tidak memenuhi *standart spesifikasi indoor coverage*. Dengan menganalisa hasil pengukuran Rx level untuk lantai 1 yang dimana nilai Rx level > -80 dBm adalah hanya 17 % dan kuat sinyal ≥ -115 lebih besar yaitu 83 %, dan di bandingkan dengan parameter *Key Performance Indikator (KPI)* untuk nilai level > -80 dBm seharusnya target 95 % maka hasil dari *walk test* sangat jauh dari target kuat sinyal. Maka untuk lantai 1 sangat layak untuk dilakukan optimasi jaringan baru dengan cara menambahkan titik titik antenna di lantai 1.

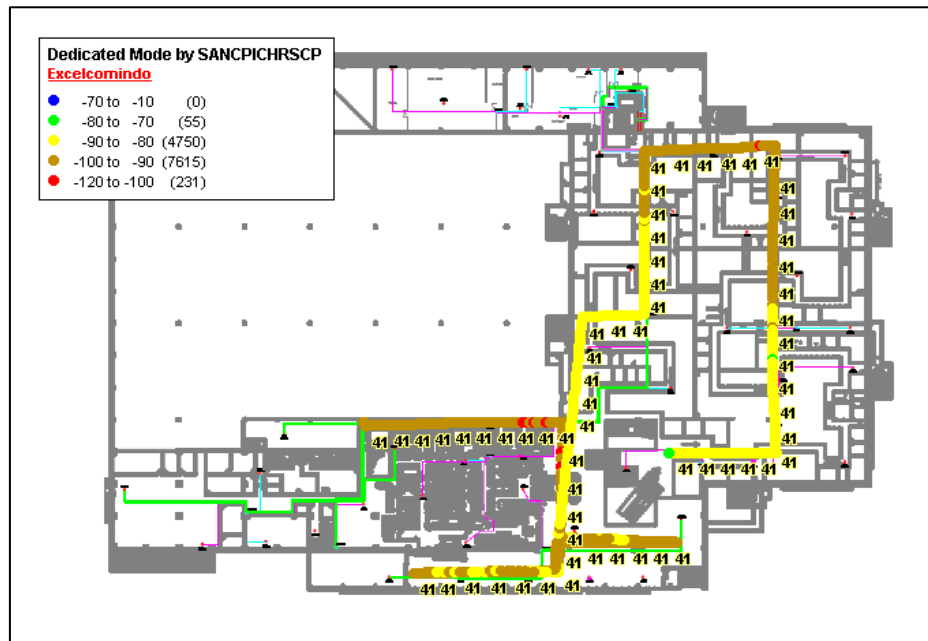


■ Gambar 7 Hasil walk test 2G sesudah penambahan antenna

Dari hasil *walk test* sebelumnya dapat diketahui bahwa permasalahan yang terjadi kuat sinyal target yang dihasilkan hanya 17 %, setelah dilakukan implementasi penambahan 50 antenna pada lantai 1 maka dapat dilihat perbedaannya antara sebelum dan sesudah sehingga kuat sinyal yang buruk dapat dihindari yaitu dengan plot warna biru mendominasi ruangan di *interval* -10 sampai -50. Dengan menggunakan 2 MS dalam melakukan *walk test* dihasilkan ARFCN 526 mendominasi kuat sinyal di -35 dan -36 dB. Dan tidak terjadinya *handover* (perebutan kekuatan dari signal dalam dan luar) di lantai 1 karena *signal indoor* lebih kuat daripada *channel outdoor*.

ANALISA HASIL WALK TEST 3G

Berikut hasil data *walktest* pada lantai 1



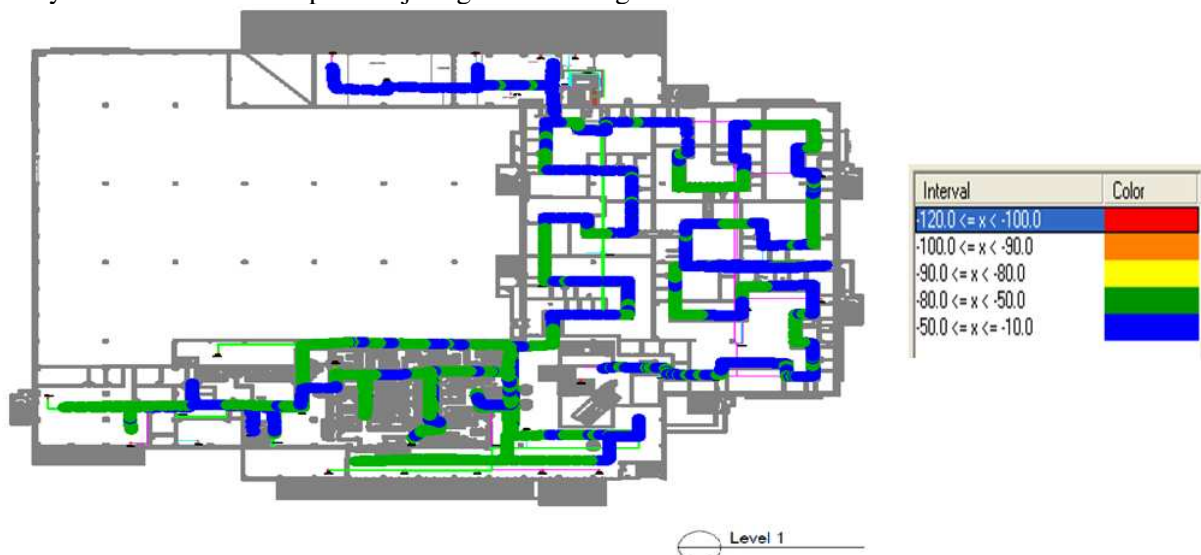
■ Gambar 8 Hasil *walk test* 3G sebelum penambahan antenna

Standart yang digunakan dalam pengukuran Kuast Sinyal di PT XL Axiata untuk nilai RSCP > -85 dBm dengan target $> 95\%$. Dari gambar diatas adalah hasil *walk test* yang terjadi pada lantai 1 menunjukkan jumlah plot terbanyak berada di warna coklat yang menyatakan kuat sinyal sedang yang mendominasi berada di level -100 to -90. Jumlah plot berwarna merah sebanyak 231 plot menyatakan kuat sinyal sangat buruk. Untuk mengetahui lebih detail nilai level sinyal di lantai 1 dapat dilihat dari Tabel 6 di bawah ini .

■ Tabel 6. Rx level lantai 1

RSCP (dBm)	Value
≥ -85 dBm (%)	0.4
≥ -115 dBm (%)	100
TOTAL (%)	100

Pada Tabel 6 diatas memperlihatkan kualitas jaringan di lantai 1 tidak memenuhi standart *spesifikasi indoor coverage*. Dengan menganalisa hasil pengukuran RSCP untuk lantai 1 yang dimana nilai RSCP > -85 dBm adalah 0.4 % dan RSCP ≥ -115 dBm menghasilkan 83 % dan Parameter *Key Performance Indikator* (KPI) untuk nilai level > -85 dBm dengan target kuat sinyal 95 % sangat jauh dari yang diharapkan maka untuk lantai 1 sangat layak untuk dilakukan optimasi jaringan baru dengan cara menambahkan titik titik antenna.



■ Gambar 9 Hasil *walk test* 3G sesudah penambahan antenna

Dari hasil *walk test* yang dilakukan pada lantai 1 dapat kita lihat perbedaan nya antara sebelum dan sesudah ditambah kapasitasnya yaitu dengan menambahkan antenna baru sehingga level warna biru dan hijau mendominasi ruangan di interval Dengan menggunakan 2 MS dalam melakukan *walk test* mendominasi kuat sinyal di -33 dB

PENEMPATAN ANTENNA DI LANTAI 1

Penempatan antenna untuk lantai 1 akan di pasang antenna dengan titik-titik baru, dengan mempertimbangkan hasil *walk test* yang sudah dilakukan. Area yang di *cover* oleh BTS *indoor* tidak mampu melayani seluruh area di lantai 1 sehingga perlu ditambahkan sumber sinyal baru untuk area yang masih di *cover* oleh sinyal *outdoor*. Dalam menentukan penempatan titik antenna diambil dari perhitungan *cell radius* yang sudah dilakukan. Jarak *coverage* dari antenna dipengaruhi oleh besarnya EIRP semakin besar nilai EIRP maka jarak cakupan jangkauan antenna semakin jauh, dari perhitungan jari-jari cakupan area yang telah dilakukan maka dapat digunakan untuk perencanaan penempatan titik antenna, walaupun dilapangan terkadang harus melihat situasi. Pengalaman pemilik atau pengelola dari gedung yang ingin diimplentasi antenna menginginkan peletakan antenna tidak merusak pemandangan dan sesuai prosedur gedung tersebut.

ANALISA JARAK CAKUPAN

Agar sistem dapat dintegrasikan selain melihat kesiapan dari sisi *equipment* seperti kabel-kabel feeder dan antenna omni yang digunakan. Juga perlu dianalisis apakah dengan *antenna* yang sudah ada di lantai 1 tersebut mencukupi untuk kebutuhan *coverage area*. Ada beberapa cara yang bisa digunakan antara lain dilihat dari sisi jarak cakupan atau luas cakupan dan sisi nilai EIRP.

Dari hasil perhitungan jarak cakup yang sudah dilakukan dapat diperkirakan apakah *antenna* yang sudah dipasang mencukupi untuk kebutuhan *coverage sistem*. Pada lantai 1 terdapat 50 antenna, akan di ambil sample 4 antenna sesuai perhitungan

LUAS CAKUPAN DCS1800 DAN UMTS2100

1. A-L1-18
Dengan jarak cakup (d) = 18.7 m ; didapat luas cakupan = $(18.7)^2\pi = 1098.58 \text{ m}^2$
2. A-L1-19
Maka total luas cakupan yang dapat dijangkau oleh 50 antenna untuk sistem DCS 1800 adalah total = 122.197 m^2 . Dengan nilai total luas tersebut terlihat bahwa dengan jumlah antenna yang sudah ada pada lantai 1 sudah sangat mencukupi untuk kebutuhan *coverage sistem* DCS1800
3. UMTS2100 A-L1-18
Dengan jarak cakup (d) = 22.5 m ; didapat luas cakupan = $(22.5)^2\pi = 1590,42 \text{ m}^2$ Maka total luas cakupan yang dapat di jangkau oleh 50 antenna adalah total = $78.322.41 \text{ m}^2$. Dengan nilai total luas tersebut terlihat bahwa dengan jumlah antenna yang sudah ada pada lantai 1 sudah sangat mencukupi untuk kebutuhan *coverage sistem* UMTS 2100.

PERBANDINGAN MATERIAL DESAIN DAN ACTUAL

■ Tabel 7. Perbandingan Desain dan Actual Implentasi

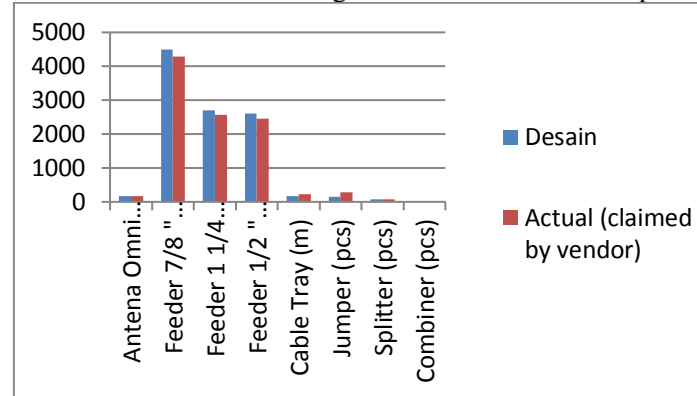
Item	Desain	Actual (claimed by vendor)	Remarks
Antena Omni (pcs)	167	167	Done 100% installed
Feeder 7/8 " (m)	4500	4278	Done 100% installed
Feeder 1 1/4 " (m)	2700	2575	Done 100% installed
Feeder 1/2 " (m)	2600	2455	Done 100% installed
Cable Tray (m)	175	232	Done 100% installed
Jumper (pcs)	155	280	Done 100% installed
Splitter (pcs)	75	82	Done 100% installed
Combiner (pcs)	6	6	Done 100% installed

Dari hasil *planning* yang dilakukan di gedung Ikea Tangerang, Perbandingan seluruh material dalam desain dan actual yang digunakan tidak terlalu jauh jumlah perbedaannya seperti pada Tabel 7. Dalam hal ini instalasi yang dilakukan *done 100 %* berhasil di gedung IKE Tangerang.

Penggunaan *feeder 7/8"* menjadi komponen terbesar penggunaan material dalam sistem *multi network* untuk mendapatkan performansi yang baik. Pemilihan dan penggunaan tipe kabel *feeder* juga dapat mempengaruhi EIRP yang dihasilkan. Untuk melakukan efisiensi, maka perencanaan dan desain yang akurat dari pemakaian panjang kabel dan pemakaian banyaknya antenna akan sangat mempengaruhi biaya investasi kedepan.

Berikut Tabel 9 untuk *cost* kabel *feeder* yang digunakan Di dalam BOQ tersebut *cost feeder* 1 ¼ “ lebih mahal daripada *feeder* 7/8” dan ½”. Tetapi karena jumlah *feeder* 7/8” lebih banyak sehingga *cost* nya lebih besar

■ **Tabel 8.** Grafik Perbandingan Desain dan Actual Implentasi



■ **Tabel 9.** Tabel *Cost* Kabel *Feeder*

Material	Unit	Qty	Cost (IDR)	Total Cost (IDR)
1/2" Feeder Cable	m'	2455	27,000	66,285,000
7/8" Feeder Cable	m'	4278	55,000	235,290,000
1 1/4" Feeder Cable	m'	2575	90,000	231,750,000

Untuk mengurangi *cost* yang keluar. Alternatif yang digunakan adalah menggunakan *feeder* ½” karena harga nya lebih murah. Artinya dengan menggunakan *feeder* ½” dapat dilakukan penghematan 30-40 % dibandingkan dengan kabel *feeder* 7/8” untuk biaya investasi ke depan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan dan analisa Perhitungan EIRP maka didapatkan kesimpulan berikut

1. Dari kedua sistem (DCS1800 dan UMTS2100) tersebut dari *perhitungan link budget* bahwa perbedaan radius sell akan sangat mempengaruhi kualitas sinyal yang diterima
2. Pada kedua sistem (DCS1800 dan UMTS2100) tersebut sudah terpenuhi $RSL > R_{th}$ dengan Nilai KPI Min yaitu -85 % dalam pemakaian perangkat.
3. Jaringan Infrastruktur dari keseluruhan hampir seluruhnya baik, Pada Sistem DCS1800 Nilai EIRP tertinggi 19.83 dBm, terendah 7.32 dBm dan jarak cakupan terbesar 47.17 m dan terkecil 12.5 m, pada sistem UMTS2100 Nilai EIRP tertinggi 18.83 dBm, terendah 5.04 m dan jarak cakupan terbesar 38.20 m dan terkecil 11.6 m
4. Pada Sistem UMTS2100 area cakupan nya lebih kecil dibanding dengan DCS1800 itu disebabkan, semakin besar frekuensi range semakin sempit sehingga luas cakupan semakin kecil tetapi kualitas tetap bagus
5. Dari hasil *walk test* yang dilakukan bahwa sebelum Implementasi antena kuat sinyal sangat buruk setelah dilakukan nya implementasi peletakkan titik antena pada gedung IKEA Tangerang kuat arus baik

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wibino, Gunawan., Usman, Kurniawan, Uke, Hantoro, Dwi, Gunadi. "Konsep Teknologi Seluler", Bandung, Informatika, 2007.
- [2] Usman, Kurniawan, Uke. "Pengantar Ilmu Telekomunikasi", Bandung, Informatika, 2008.
- [3] Kurniawan, Uke, Usman. *Sistem Komunikasi CDMA 2000-1x*", Bandung, Informatika, 2010.
- [4] Kesuma Adi, Yunata. "Optimalisasi Indoor Coverage Pada Jaringan Indosat GSM di Pasar Festival Jakarta", Universitas Mercu Buana, Jakarta, 2009.
- [5] KOMINFO, "Statistik ICT", <http://statistik.kominfo.go.id>. Diakses pada tanggal 17 Juni 2015
- [6] Telecom ABCU, 2015. UTRA_FDD_Frequency_Bands, <http://www.telecomabc.com/u/umts-bands.html>. Diakses pada tanggal 17 Juni 2015
- [7] Marshall Brain & Jeff Tyson "How Cell Phone Work", <http://howstuffworks.com>
- [8] Fahreo, "Indoor-Distributed Antenna Systems (DAS)", <http://blog.fahroe.web.id>. Diakses pada tanggal 23 Juni 2015.
- [9] <http://lecturer.eepis-its.edu/~mieke/jaringantelephony/teori/T9-Arsitektur%20Seluler.pdf>