

SIMULASI CAKUPAN SISTEM IBC (*IN-BUILDING COVERAGE*)

PADA KOMUNIKASI GSM

Harry Rachmawan (L2F002581)

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang

ABSTRAK

Pada umumnya sebuah gedung perkantoran, mal atau hotel mempunyai ketebalan dinding yang berbeda beda. Semakin tebal dinding, maka komunikasi yang diharapkan andal akan mengalami gangguan, karena cakupan tidak dapat dijangkau oleh jaringan outdoor. Propagasi indoor berbeda dengan propagasi outdoor yang memiliki beberapa faktor untuk mendapatkan kualitas sinyal yang diharapkan antara lain ketebalan dari dinding suatu gedung, bentuk bentuk ruang, difraksi, pantulan.

Sistem IBC (*In Building Coverage*) adalah sistem untuk memperbaiki kualitas sinyal dalam ruangan, untuk membantu memodelkan propagasi indoor dibuat simulasi cakupan sistem IBC pada komunikasi GSM. Simulasi ini akan mengetahui kualitas sinyal pada sesuatu gedung dengan menentukan tipe kabel, panjang kabel yang digunakan, jumlah antena, coupler.

Hasil kualitas sinyal yang baik dari simulasi perencanaan IBC (*In Building Coverage*) dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain, besarnya ruangan, ketebalan dinding pada suatu ruangan, tipe kabel, panjang kabel yang digunakan, semakin panjang kabel yang digunakan maka rugi ruginya semakin besar.

Kata Kunci : *In-building coverage (Indoor) system, EIRP, propagasi indoor*

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Seiring dengan pembangunan gedung-gedung bertingkat dan kerapatannya yang tinggi, mengakibatkan banyak terjadi proses redaman terhadap sinyal telekomunikasi sehingga komunikasi yang diharapkan andal akan mengalami gangguan juga. Hal tersebut banyak dialami pada gedung-gedung tertutup terutama lantai *basement*.

Untuk memperbaiki kualitas sinyal didalam gedung tersebut, perlu ditambahkan sistem baru yang disebut *In-building coverage system*, yaitu suatu sistem dengan perangkat pemancar dan penerima yang dipasang didalam gedung yang bertujuan untuk melayani kebutuhan akan telekomunikasi dalam gedung tersebut baik kualitas sinyal, cakupan (*coverage*) maupun kapasitas trafiknya.

Keunggulan suatu sistem telekomunikasi tidak hanya ditentukan oleh kualitas pemancar dan penerima saja, namun juga sangat dipengaruhi oleh kualitas pemancaran dan penerimaan antena. Setiap antena dipasang pada setiap lantai pada gedung sesuai kebutuhan.

1.2 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini ialah mengetahui cakupan sinyal pada suatu ruangan dengan menentukan jumlah dan letak antena *omnidirectional*, besar ruangan, material yang digunakan, panjang kabel dan tipe kabel.

1.3 Pembatasan Masalah

Pada tugas akhir ini didukung oleh simulasi menggunakan pemrograman Matlab 7.1 yang hanya akan membahas tentang :

1. Antena yang digunakan adalah antena *omnidirectional*.
2. Gedung atau ruangan dianggap kosong tanpa ada barang-barang.
3. Ruang yang digunakan pada program ini berbentuk persegi.
4. Tugas akhir ini hanya membahas kualitas sinyal tanpa membahas kapasitas trafik

II. SISTEM IBC (*IN BUILDING COVERAGE*)

Prosedur dari perencanaan sel antara lain adalah cakupan dan analisa interferensi, perhitungan trafik, perencanaan frekuensi, dan parameter sel.

Beberapa hal yang harus diperhatikan di dalam membuat suatu perencanaan sel adalah^[12].

1. Cakupan
2. Kapasitas
3. Kualitas
4. Biaya produksi

Sistem jaringan selular *indoor* dapat dikembangkan dengan berbagai alasan kebutuhan. Ketika cakupan yang berasal dari sel (BTS) yang berada di luar gedung lemah atau kualitas rendah, sehingga pengembangan sistem jaringan selular *indoor* merupakan solusi yang baik. Suatu gedung dengan tingkat trafik komunikasi selular tinggi, seperti gedung konferensi, perkantoran, pusat swalayan dan airport memerlukan sistem jaringan *indoor* untuk menjaga kelangsungan komunikasi selular. Aplikasi sistem jaringan selular *indoor* juga bertujuan untuk melengkapinya maupun menggantikan sistem jaringan telepon tetap (*fixed*) yang jumlahnya belum sebanding dengan pengguna di Indonesia.

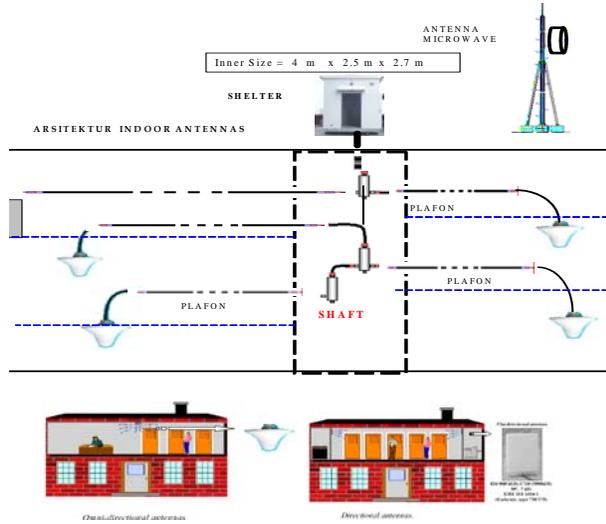
Tujuan dari pengembangan system jaringan selular *indoor* hampir sama dengan perencanaan sel biasa atau *outdoor* yaitu untuk mendapatkan cakupan yang baik dan kapasitas yang sangat memadai sesuai dengan kebutuhan pelanggan dengan tetap megusahakan tingkat interferensi yang kecil.

2.1 Prinsip Kerja dari *In-Building Coverage (Indoor System)*

In-Building Coverage (Indoor System) yaitu suatu sistem dengan perangkat pemancar dan penerima (*transceiver*) yang dipasang didalam gedung yang bertujuan untuk melayani kebutuhan akan telekomunikasi dalam gedung tersebut baik kualitas sinyal, cakupan (*coverage*) maupun kapasitas *traffiknya*. Sebenarnya sistem ini memiliki prinsip yang sama BTS dengan sel standar, dengan perangkat pemancar dan penerima (*transceiver*), dengan menggunakan frekuensi 890 - 945 MHz dan menggunakan sel mikro.

Basis kapasitas trafik biasanya digunakan untuk^[10] . :

- 1 *Public Access area* (mall, bandara, stadion hotel, rumah sakit dan lain lain) Merupakan tempat-tempat umum yang sering dikunjungi tiap harinya.
- 2 *Business/Offices area* (daerah perkantoran, pusat perbisnisan) Dituntut adanya *indoor sell* yang memungkinkan tingkat telekomunikasi yang tinggi.



Gambar 2.1 Arsitektur Antenna Indoor

Penyaluran sistem dalam IBC (*In-Building Coverage*) dapat dibagi dua:

1. Penyaluran sistem antenna menggunakan komponen pasif seperti *splitter*, *coupler*, dan kabel.
2. Penyaluran sistem antenna menggunakan komponen aktif seperti *amplifier*, *repeater*.

Keuntungan dari *In-Building Coverage (Indoor System)* antara lain :

- meningkatkan *coverage area* dan meningkatkan layanan ke pelanggan
- menyediakan konektivitas *wireless* ke pelanggan
- meningkatkan kualitas suara
- merupakan solusi alternatif lain dari jaringan *fixed* telekomunikasi.

2.2 Sistem Antena

Konfigurasi antena untuk sistem aplikasi indoor dapat dibagi menjadi 4 kategori, yaitu:

1. Antena integrasi , dimana antena tersebut terintegrasi di dalam *base station*.
Area indoor yang yang dicakup dapat dilakukan pada satu lokasi, seperti tempat atau ruangan yang terbuka dimana memungkinkan untuk menempatkan RBS pada salah satu dinding . Contoh aplikasi ini dapat diterapkan pada arena olahraga dan stasiun kereta.
2. Antena distribusi dengan menggunakan jaringan *coax*

Antena distribusi dengan konfigurasi ini merupakan aplikasi yang sering dipergunakan. Hal ini disebabkan adanya beberapa keuntungan, yaitu:

- a. Biaya instalasi yang murah
 - b. Fleksibilitas di dalam mendesain cakupan
 - c. Kuat dan telah teruji
- Kabel Coaxial
Kabel penghubung yang sering digunakan untuk aplikasi jaringan *indoor* ditunjukkan pada tabel

Tabel 2.1 Nilai loss (dB/100 m) beberapa kabel penghubung pada 900 Mhz

Tipe Kabel	Loss kabel (dB)
Flexline 1/2"S	9.9
Flexline 7/8"S	2.8
Flexline 1¼"S	2.75
Flexline 1 5/8 S"	2.33
LCF 1/4"	13.5
LCF 3/8"	10
LCF 1/2"	7

- *Power Splitter*

Power splitter digunakan untuk membagi jaringan penghubung sinyal antena menjadi beberapa keluaran sinyal. Terdapat dua tipe konfigurasi power splitter:

- a) *Equality distributed*

Konfigurasi power splitter tipe ini membagi power sama rata untuk semua port keluaran, dimana semua *two-power splitter* memiliki atenuasi sekitar 3dB

- b) *Unequally distributed*

Konfigurasi *power splitter* tipe ini yang membagi power tidak rata untuk semua port keluaran. Tipe ini biasa digunakan pada gedung yang tinggi dengan saluran penghubung antar lantai sangat kecil

3. Kabel terbuka (*Leaking cable*)

Kabel terbuka merupakan salah satu alternatif antenna distribusi yang digunakan untuk beberapa aplikasi, seperti pada terowongan kereta maupun kendaraan. Kabel terbuka juga dapat digunakan untuk jaringan selular indoor. Dibandingkan dengan antenna distribusi (*coaxial*), maka biaya instalasi dan peralatan kabel terbuka lebih mahal.

Terdapat dua loss yang berhubungan dengan kabel terbuka :

1. *Longitudinal loss*

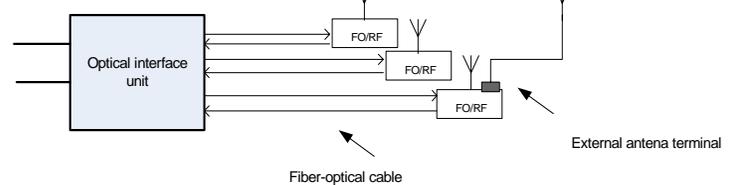
Longitudinal loss hampir sama dengan *loss* pada penghubung biasa. Kabel terbuka memiliki *loss* yang sedikit lebih tinggi dibandingkan kabel *coaxial* normal.

2. *Coupling loss*

Coupling loss adalah perbedaan rata rata antara level sinyal di dalam kabel dan power yang diterima oleh antena dipole.

4. Antena distribusi dengan menggunakan jaringan fiber optik

Terdapat solusi yang berbeda tergantung dari fiber optic yang digunakan pada sistem jaringan *indoor*. Tujuan utama dari konfigurasi ini adalah untuk mengatasi masalah *loss* yang terjadi pada kabel penghubung *coaxial* yang panjang.

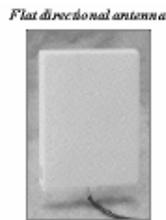


Gambar 2.2 Antena distribusi dengan menggunakan jaringan fiber optik

Terdapat beberapa tipe antenna yang biasa digunakan pada aplikasi jaringan selular indoor. Kedua tipe antenna yang sering digunakan dalam aplikasi ini adalah

1. antenna *directional*

menggunakan produsen Kathrein dan memiliki gain 12 dB, tetapi pancarnya berbeda beda dengan pola radiasi hanya 45⁰ dan tidak mengelilingi antenna, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.3^[3,7], akan tetapi yang akan digunakan dalam simulasi hanya antenna *omnidirectional*.^[3,7]



Gambar 2.3 antenna *directional*

2. antenna *omnidirectional*.

menggunakan produsen ADC (Alan Dick Company) seperti ditunjukkan pada Gambar 2.4. Antena ini memiliki gain 3 dB dengan daya pancar yang sama dan pola radiasi mengelilingi antenna^[3,6].



Gambar 2.4 Pola radiasi antenna *omnidirectional*

2.3 Propagasi di Dalam Bangunan

Model propagasi pada umumnya bertujuan untuk memprediksi kekuatan sinyal yang diterima pada jarak tertentu dari pemancar, juga perubahan kekuatan sinyal yang dekat dengan lokasi tertentu. Propagasi sinyal dalam representasi waktu dan jarak dari satu titik ke titik lainnya akan mengalami benturan dan rintangan dengan benda-benda disekitarnya. Akibatnya sinyal yang sampai di penerima tidak hanya dari satu lintasan, melainkan dari banyak lintasan. Hal ini menyebabkan sinyal yang diterima MS mengalami penarikan dan penurunan sinyal.

Kekuatan sinyal di dalam gedung dapat berubah ubah tergantung pada kondisi pintu di dalam bangunan tersebut (terbuka atau tertutup). Letak antenna juga berpengaruh pada *large scale path loss*. Antena yang diletakkan di ketinggian setingkat meja di dalam kantor yang disekat sekat akan menerima sinyal yang berbeda bila dibandingkan dengan antenna yang ditempatkan di langit-langit.

Model propagasi ruang bebas (*free space*) digunakan untuk memprediksi kekuatan sinyal yang diterima ketika pemancar dan penerima memiliki LOS (*line of sight*) atau memiliki jalur lintasan yang segaris pandang. Daya di ruang bebas yang diterima oleh sebuah antenna penerima dengan jarak tertentu dari antenna pemancar dapat dihitung dengan persamaan ruang bebas^[5]:

$$P_r(d) = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2}{(4\pi)^2 d^2 L} \quad (2.1)$$

$$EIRP = P_t G_t \quad (2.2)$$

dengan :

- P_t = daya yang ditransmisikan oleh pemancar
- $P_r(d)$ = daya yang diterima dalam watt
- G_t = penguatan antenna pemancar
- G_r = penguatan antenna penerima
- d = jarak pemancar dan penerima dalam satuan meter
- L = faktor rugi atau redaman

Path loss atau pelemahan sinyal RF terjadi apabila jarak antara pemancar dan penerima semakin jauh, serta adanya rintangan antar pemancar dan penerima. Jumlah atenuasi bervariasi tergantung dari halangan jenis material dan kepadatan gedung.

Untuk menghitung cakupan bukan LOS (*line of sight*) dengan teliti sangat sulit dilakukan, karena meliputi banyak penghalang dan variabel yang mengakibatkan pantulan, maka pengujian harus dilakukan pada situasi yang sebenarnya. Pelemahan sinyal karena terhalang oleh suatu material ditunjukkan pada Tabel 2.2^[11]. Diharapkan dengan tabel tersebut, dapat memprediksi daya terima yang dipancarkan oleh antenna setelah melewati material di dalam gedung.

Tabel 2.2 daftar material konstruksi umum pada pelemahan 900 MHz

Material	Atenuasi pada 900 MHz
Kaca 0.25" (6mm)	0.8 (dB)
Kaca 0.5" (13mm)	2 (dB)
Kayu 3" (76mm)	2.8 (dB)
Batu Bata 3.5" (89mm)	3.5 (dB)
Batu Bata 7" (178mm)	5 (dB)
Batu Bata 10.5" (267mm)	7 (dB)
Beton 4" (102mm)	12 (dB)
Beton 8" (203mm)	23 (dB)
Beton 12" (305mm)	35 (dB)
Beton bertulang 3.5 (203mm)	14 (dB)

2.4 Desain RF

Link budget dari sel indoor dapat diperoleh dengan cara sama dengan *link budget* dari sel makro outdoor, yaitu^[9]:

1. Kekuatan sinyal yang diperlukan

Agar komunikasi dapat berlangsung pada keadaan sebenarnya maka beberapa margin harus ditambahkan pada MS level sensitifitas seperti *Rayleigh fading*, interferensi dan *loss body*. Sehingga kekuatan sinyal (SS_{req}) dapat dihitung sesuai persamaan:

$$SS_{req} = MS_{sens} + RF_{marg} + IF_{marg} + BL \quad (2.2)$$

dengan:

- MS_{sens} = MS sensitifitas (dBm)
- RF_{marg} = Rayleigh fading margin (dB)
- IF_{marg} = interferensi margin (dB)
- BL = Lss body (dB)

2. Level Desain

Pada bagian desain ini, ada margin ekstra yang harus ditambahkan ke dalam SS_{req} yaitu *fading* dalam keadaan normal dan *loss penetrasi gedung*. Sehingga

Level Desain (SS_{des}) dapat dihitung pada persamaan :

$$SS_{des} = SS_{req} + LNF_{marg} + BPL_{mean} \quad (2.3)$$

dengan:

LNF_{marg} = fading dalam keadaan normal untuk indoor (dB)

BPL_{mean} = loss penetrasi gedung (dB)

Nilai LNF tergantung dari besar cakupan yang diinginkan misalnya cakupan 75%, 85%, 90%, 95%, dan 99%.

3. Power output BTS

Penghitungan *power output BTS* dimana akan membuat sistem seimbang untuk semua jenis kelas daya MS, sehingga didapat persamaan 2.4

$$Pout_{bal} = Pout_{MS} + D_s \quad (2.4)$$

dengan:

$Pout_{bal}$ = Power pemancar MS (dBm)

D_s = $MS_{sens} - BTS_{sens}$ (dBm)

D_s merupakan perbedaan BTS dan penerima MS sensitivitas

4. EIRP (*Effective Isotropic Radiated Power*)

$$EIRP = Pout_{bal} - (Ldupl_{BTS}) - Lf_{BTS} + Ga_{BTS} \quad (2.5)$$

dengan:

$Pout_{bal}$ = Power output *balanced* (dBm)

$Ldupl_{BTS}$ = Loss duplexer pada BTS (dB)

Lf_{BTS} = Loss penghubung dan jumper pada BTS (dB)

Ga_{BTS} = Gain antenna pada BTS (dBi)

5. Path Loss

Path loss maksimum dihasilkan dari penjumlahan loss penghubung BTS, *loss duplexer*, *loss coupler*, LNF_{marg} , BPL_{mean} , *body loss* pada persamaan

$$Lp = Lf + Lps + Lc + Ldupl_{BTS} + LNF_{marg} + BPL_{mean} + BL \quad (2.6)$$

dengan :

Lf = *Loss feeder* (dB)

Lps = *Loss power splitter* (dB)

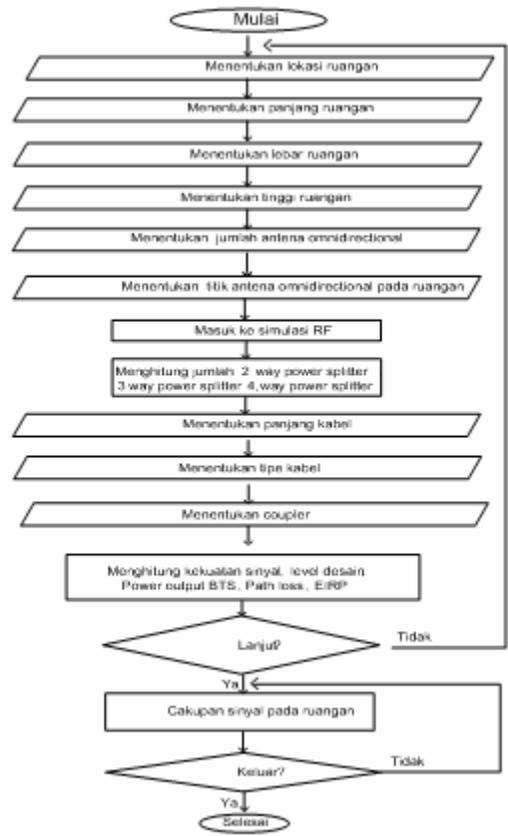
Lc = *Loss coupler* (dB)

$Ldupl_{BTS}$ = *Loss duplexer* pada BTS (dB)

III. PERANCANGAN PROGRAM

Perancangan perangkat lunak simulasi perancangan antenna sistem IBC (*In Building Coverage*) pada GSM menggunakan program MATLAB 7.1 dan tampilan program memakai fasilitas antarmuka *Graphical User Interface (GUI)* untuk memperindah tampilan dan memudahkan pemakaian program simulasi. Simulasi ini akan menerapkan program yang dapat mengetahui cakupan sinyal yang dipancarkan antenna berdasarkan jenis ruangan, panjang, lebar, dan tinggi

ruangan, dengan menghitung kekuatan sinyal, level desain, *power output* BTS, EIRP, *path loss* pada desain RF (*Radio frequency*).



Gambar 3.1 Bagan program

3.1 Simulasi Cakupan Sistem IBC

Pada simulasi ini untuk mengetahui cakupan pada suatu ruangan, terlebih dahulu harus menentukan panjang, lebar, dan tinggi suatu ruangan, menentukan RF, berikut adalah diagram alir dari simulasi ini yang ditunjukkan pada Gambar 3.2 :



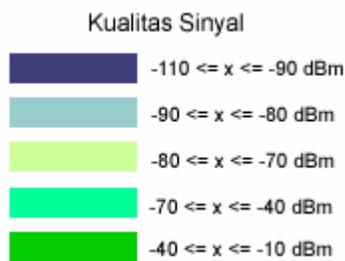
Gambar 3.2 Diagram alir program simulasi cakupan sistem IBC.

Perhitungan untuk material yang digunakan pada bangunan telah ditunjukkan pada Tabel 2.4, jenis-jenis material yang digunakan pada bangunan pada simulasi ditunjukkan dengan warna-warna dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Jenis jenis bahan material bangunan yang digunakan dalam simulasi.

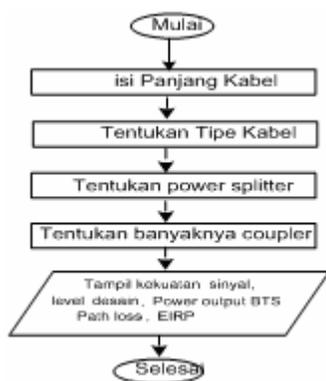
Ketika ada penghalang atau material, maka sinyal yang melewati akan membuat kualitas sinyal berkurang, semakin tebal material yang dilewati oleh sinyal maka kualitas sinyal akan semakin berkurang. Selain itu kualitas sinyal juga dipengaruhi oleh jarak antara antenna dengan MS, semakin jarak yang ditempuh semakin jauh maka kualitasnya semakin berkurang. Setelah melakukan perhitungan kualitas sinyal, untuk mengetahui cakupan sinyal pada suatu gedung yang dipancarkan antenna dapat diketahui dengan warna- warna, memiliki kualitas sinyal yang baik atau buruk, yang dapat ditunjukkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Kualitas sinyal yang dipancarkan antenna omnidirectional.

3.2 Simulasi Desain RF (Radio Frequency)

Simulasi ini dijalankan setelah menjalankan simulasi cakupan IBC. Pada simulasi ini akan menghitung kekuatan sinyal, level desain, *power output BTS*, *path loss*, EIRP, untuk mendapatkan hasil tersebut maka harus mengisi dan menentukan parameter parameter, berikut adalah diagram alirnya pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Diagram alir program desain RF

Perhitungan kekuatan sinyal yang diinginkan sesuai dengan persamaan 2.2., dengan mengisi nilai MSsens. Beberapa kelas power pada GSM ditunjukkan pada table 3.1 yang telah direkomendasikan oleh ETSI (*European Telecommunications*

Institute)^[9], yang umum digunakan adalah kelas power MS 5 untuk GSM.

Tabel 3.1 Kelas Power MS untuk GSM 900

Kelas MS	Power (dBm)	Output	Sensitivitas (dBm)
2	39		-106
3	37		-106
4	33		-104
5	29		-104

Pada parameter yang lain dalam perhitungan kekuatan sinyal yang diperlukan sudah ditentukan pada tabel 3.2. Kualitas pembicaraan yang baik di dalam jaringan selular sangat diharapkan dapat terbentuk untuk pergerakan MS yang cepat maupun lambat dengan menambahkan parameter *Rayleigh Fading* pada perhitungan. Interferensi margin sangat bergantung dari penggunaan pola frekuensi reuse, kepadatan trafik yang terjadi dan tingkat prosentase cakupan yang diinginkan. Bodi manusia juga mempengaruhi terhadap perhitungan kekuatan sinyal, semakin tinggi frekuensi yang digunakan maka nilai loss akan berkurang.

Tabel 3.2 Beberapa margin yang memungkinkan

Margin	dB
<i>Rayleigh fading margin</i>	3
Interferensi margin	2
<i>Loss body</i>	5 (untuk GSM 900) 3 (untuk DCS 1800)

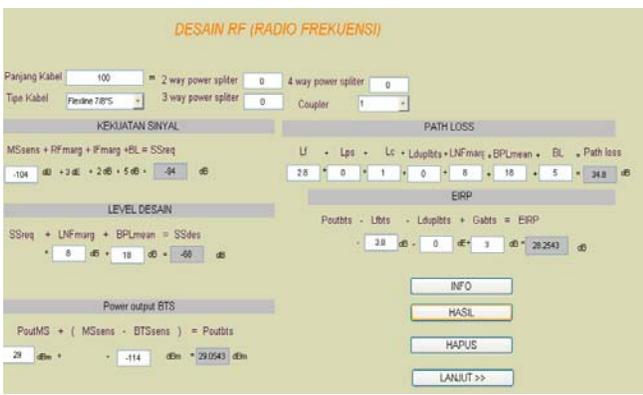
IV. ANALISIS PROGRAM

4.1 Jenis Ruangan

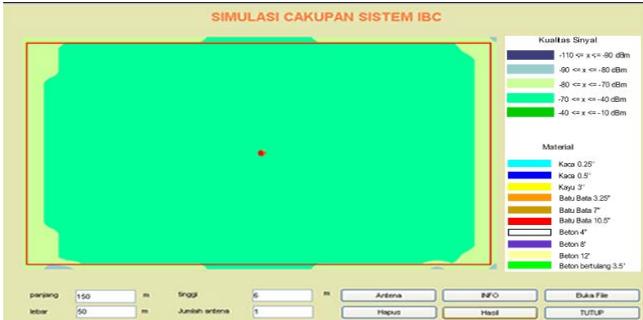
Jenis atau bentuk ruangan akan mempengaruhi kualitas sinyal untuk mencakupi semua lokasi. Ruangan yang tidak bersekat sekat atau seperti halnya *hall* mendapatkan cakupan yang kualitas sinyalnya lebih bagus daripada ruangan yang bersekat sekat. Pada simulasi dapat dibuktikan dengan memasukkan parameter parameter pada simulasi cakupan sistem IBC yaitu jenis ruangan *hall* yang bermaterial batu bata 10,5” yang ditunjukkan pada Gambar 4.1, panjang 150 m, lebar ruangan 50 m, tinggi 6 m, jumlah antenanya 1. Untuk simulasi desain RF memasukkan panjang kabel 100 m, tipe kabel yang digunakan Flexline 7/8”S dan 1 *coupler*, maka menghasilkan *link budget* yang ditunjukkan pada Gambar 4.2. Maka dihasilkan kualitas sinyal yang ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.1 Denah ruangan *hall*.



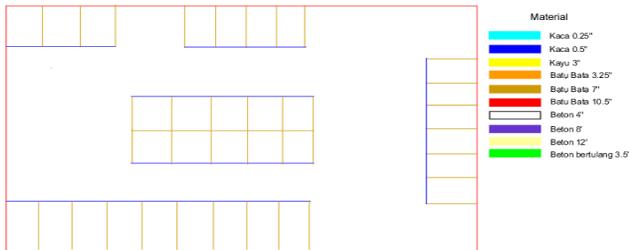
Gambar 4.2 Desain RF pada antenna di *hall*.



Gambar 4.3 Hasil kualitas sinyal pada ruangan *hall*.

Pada Gambar 4.3 diatas dapat diketahui dengan satu antenna *omnidirectional* akan menghasilkan kualitas sinyal sebagian besar $-70 \text{ dBm} \leq x \leq -40 \text{ dBm}$ berwarna hijau pada semua lokasi, dapat tercakupi dengan kualitas sinyal yang baik. Untuk suatu ruangan yang bersekat sekat maka ada lokasi yang terjadi penurunan kualitas sinyal dikarenakan adanya penghalang yaitu dinding.

Dapat ditunjukkan pada simulasi dengan memasukkan parameter yaitu ruangan yang bersekat sekat yang terdiri dari dinding bermaterial batu bata 10,5" dan batu bata 7", pintu yang bermaterial kaca 0,5" yang ditunjukkan pada Gambar 4.4, panjang 150 m, lebar ruangan 50 m, tinggi 4 m, jumlah antenanya 1. Untuk simulasi desain RF memasukkan panjang kabel 100 m, tipe kabel yang digunakan Flexline 7/8"S, 1 *coupler*, dan menghasilkan *link budget* yang ditunjukkan pada Gambar 4.2. Maka dihasilkan kualitas sinyal yang ditunjukkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.4 Denah ruangan bersekat sekat.

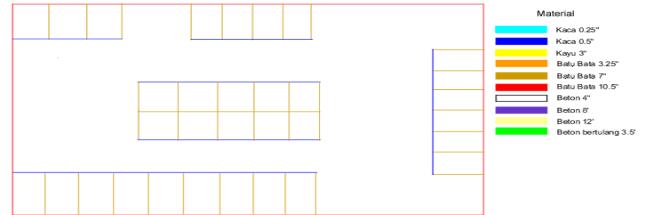


Gambar 4.5 Hasil kualitas sinyal pada ruangan bersekat sekat.

Pada Gambar 4.5 diatas bahwa dengan satu antenna *omnidirectional* maka menghasilkan kualitas sinyal kecil $-70 \text{ dBm} \leq x \leq -40 \text{ dBm}$ berwarna hijau pada lokasi yang dekat dengan antenna dan tidak ada penghalang atau dinding.

4.2. Jenis Bahan Material Bangunan

Selain jenis ruangan yang mempengaruhi kualitas sinyal, bahan material yang digunakan dalam ruangan juga mempengaruhi sehingga terjadi penurunan kualitas sinyal. Dapat ditunjukkan pada simulasi dengan memasukkan parameter yaitu ruangan yang bersekat sekat yang terdiri dari dinding bermaterial batu bata 10,5" dan batu bata 7", pintu yang bermaterial kaca 0,5" yang ditunjukkan pada Gambar 4.6, panjang 150 m, lebar ruangan 50 m, tinggi 4 m, jumlah antenanya 1. Untuk simulasi desain RF memasukkan panjang kabel 100 m, tipe kabel yang digunakan Flexline 7/8"S, 1 *coupler*. Maka dihasilkan kualitas sinyal yang ditunjukkan pada Gambar 4.7.

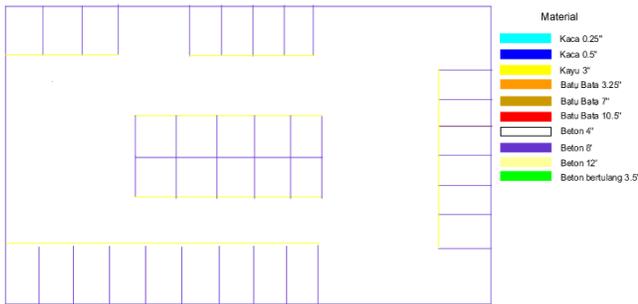


Gambar 4.6 Denah ruangan bermaterial batu bata 10,5", batu bata 7", kaca 0,5".

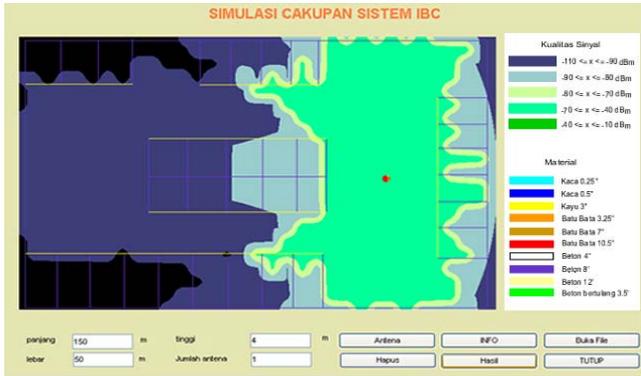


Gambar 4.7 Hasil kualitas sinyal pada ruangan ruangan bermaterial batu bata 10,5", batu bata 7",kaca 0,5".

Pada Gambar 4.7 diatas bahwa dengan satu antenna *omnidirectional* maka menghasilkan kualitas sinyal kecil $-70 \text{ dBm} \leq x \leq -40 \text{ dBm}$ berwarna hijau pada lokasi yang dekat dengan antenna dan tidak ada penghalang atau dinding. Sedangkan untuk jenis ruangan yang sama tetapi berbahan material berbeda yaitu dinding bermaterial beton 8", dan pintu bermaterial kayu 3" yang ditunjukkan pada Gambar 4.8. Untuk simulasi cakupan IBC panjang 150 m, lebar ruangan 50 m, tinggi 4 m, jumlah antenanya 1. Untuk simulasi desain RF memasukkan panjang kabel 100 m, tipe kabel yang digunakan Flexline 7/8"S, 1 *coupler*. Dari hasil simulasi desain RF maka menghasilkan kekuatan sinyal -94 dB, level desain -68 dB, *power output* BTS 29,0543 dBm, *path loss* 34,8 dB, EIRP 28,2543 dB. Maka dihasilkan kualitas sinyal yang ditunjukkan pada Gambar 4.9.



Gambar 4.8 Denah ruangan bermaterial beton 8'', kayu 7''.



Gambar 4.9 Hasil kualitas sinyal pada ruangan ruangan bermaterial beton 8'',kayu 3'.

Pada Gambar 4.9 diatas dapat dilihat bahwa dengan satu antena *omnidirectional* menghasilkan kualitas sinyal yang lebih jelek dibandingkan dengan simulasi sebelumnya. Sebagian besar lokasi berwarna biru tua yaitu $-110 \text{ dBm} \leq x \leq -90 \text{ dBm}$. Dari simulasi diatas diperoleh bahwa dengan jenis ruangan yang sama tetapi material berbeda akan menghasilkan cakupan sinyal yang berbeda pula.

4.3. Panjang Kabel

Panjang kabel yang digunakan pada tiap antena akan mempengaruhi nilai *loss feeder* pada simulasi RF. Semakin panjang kabel yang digunakan pada tiap antena maka nilai L_f akan semakin besar, dapat ditunjukkan pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4.1 Analisis L_f dengan panjang kabel yang berbeda beda.

Tipe Kabel	Panjang kabel (m)	Loss (dB)
Flexline 1/2"S	60	5,94
Flexline 1/2"S	80	7,92
Flexline 1/2"S	90	8,91
Flexline 1/2 S"	100	9,9

Semakin besar nilai *loss feeder* maka nilai EIRP akan semakin kecil, dan *path loss* semakin besar sehingga daya yang dipancarkan oleh antena akan berkurang maka akan mempengaruhi kualitas sinyal, dapat ditunjukkan pada Tabel 4.2.

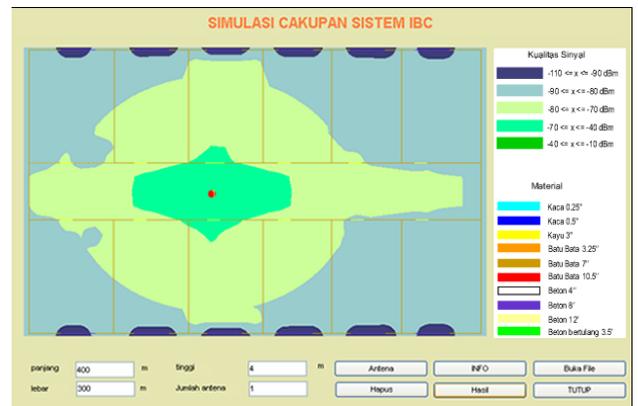
Tabel 4.2 Analisis *Path loss* dan EIRP dengan panjang kabel yang berbeda beda.

Tipe Kabel	Panjang kabel (m)	Path Loss (dB)	EIRP (dB)
Flexline 7/8"S	60	33,68	29,3743
Flexline 7/8"S	80	34,24	28,8143
Flexline 7/8"S	90	34,52	28,5343
Flexline 7/8 S"	100	34,8	28,2543

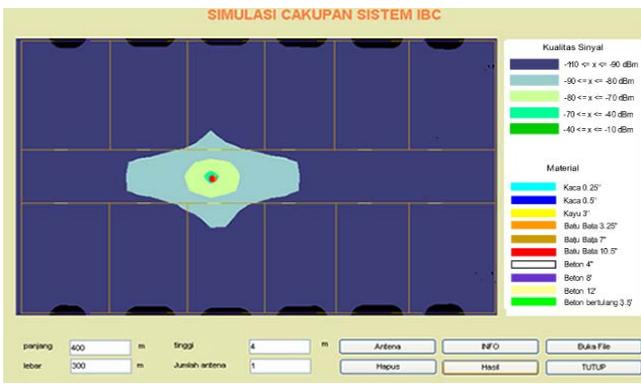
Semakin panjang kabel yang digunakan untuk tiap antena yang mempengaruhi nilai EIRP, akan mempengaruhi juga nilai kualitas sinyal. Apabila semakin panjang kabel yang digunakan maka akan terjadi juga penurunan kualitas sinyal di dalam ruangan. Dapat dibuktikan dengan membandingkan 2 simulasi yaitu yang pertama panjang 400 m, lebar ruangan 300 m, tinggi 4 m, jumlah antenanya 1. Untuk simulasi desain RF memasukkan panjang kabel 100 m, tipe kabel yang digunakan Flexline 7/8"S , 1 *coupler*, maka dihasilkan *link budget* yaitu kekuatan sinyal -94 dB, level desain -68 dB, *power output* BTS 29,0543 dBm, *path loss* 34,8 dB, EIRP 28,2543 dB. Maka dihasilkan kualitas sinyal yang ditunjukkan pada gambar 4.10.

Untuk simulasi kedua panjang 400 m, lebar ruangan 300 m, tinggi 4 m, jumlah antenanya 1. Untuk simulasi desain RF memasukkan panjang kabel 800 m, tipe kabel yang digunakan Flexline 7/8"S, 1 *coupler*, maka dihasilkan *link budget* yaitu kekuatan sinyal -94 dB, level desain -68 dB, *power output* BTS 29,0543 dBm, *path loss* 54,4 dB, EIRP 8,65433 dB. Maka dihasilkan kualitas sinyal dapat ditunjukkan pada Gambar 4.11.

Dari kedua gambar dibawah, dapat diketahui bahwa dengan panjang kabel 800 m satu antena *omnidirectional* maka menghasilkan sebagian besar kualitas sinyal -110 dBm $\leq x \leq -90 \text{ dBm}$ berwarna biru tua dan dengan kualitas sinyal yang buruk. Semakin panjang kabel yang digunakan maka kualitas sinyal yang dihasilkan dalam gedung semakin jelek.



Gambar 4.10 Hasil kualitas sinyal dengan panjang kabel antenna 100 m.



Gambar 4.11 Hasil kualitas sinyal dengan panjang kabel antena 800 m.

4.4. Tipe Kabel

Tipe kabel yang digunakan tiap antena akan mempengaruhi nilai *loss feeder* pada simulasi RF. Tipe kabel yang akan digunakan pada simulasi ini dapat dilihat pada Tabel 2.1. Berikut adalah hasil dari analisa yang ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Analisis *Lf* dengan tipe kabel yang berbeda beda.

Tipe Kabel	Panjang kabel (m)	Loss (dB)
Flexline 1/2"S	100	9,9
Flexline 7/8"S	100	2,8
Flexline 1 1/4"S	100	2,75
Flexline 1 5/8 S"	100	2,33
LCF 1/4"	100	13,5
LCF 3/8"	100	10
LCF 1/2"	100	7

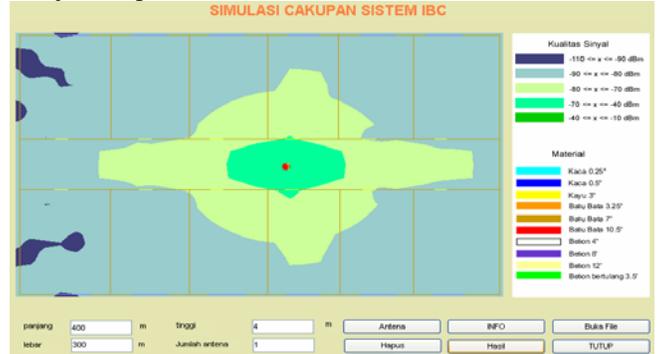
Semakin kecil nilai *loss feeder* maka nilai EIRP akan semakin besar, dan *path loss* akan semakin kecil, sehingga daya yang dipancarkan oleh antena akan semakin besar maka akan mempengaruhi kualitas sinyal, dapat ditunjukkan pada Tabel 4.4 sebagai berikut :

Tabel 4.4 Analisis *Path loss* dan EIRP dengan tipe kabel yang berbeda beda.

Tipe Kabel	Panjang kabel (m)	Path Loss (dB)	EIRP (dB)
Flexline 1/2"S	100	41,9	21,1543
Flexline 7/8"S	100	34,8	28,2543
Flexline 1 1/4"S	100	34,75	28,3043
Flexline 1 5/8 S"	100	34,33	28,7243
LCF 1/4"	100	45,5	17,5543
LCF 3/8"	100	42	21,0543
LCF 1/2"	100	39	24,0543

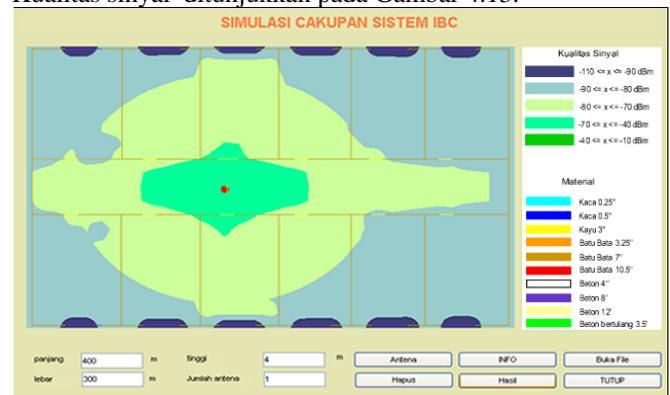
Berdasarkan tabel diatas, dengan menggunakan tipe kabel yang berbeda maka akan mempengaruhi nilai *path loss* dan EIRP. Semakin besar nilai EIRP maka semakin baik cakupan sinyal yang dihasilkan.

Dibuktikan dengan menggunakan 2 simulasi yaitu yang pertama panjang 400 m, lebar ruangan 300 m, tinggi 4 m, jumlah antenanya 1. Untuk simulasi desain RF memasukkan panjang kabel 100m, tipe kabel yang digunakan Flexline 1/2"S, 1 *coupler*, maka dihasilkan *link budget* yaitu kekuatan sinyal -94 dB, level desain -68 dB, *power output* BTS 29,0543 dBm, *path loss* 41,9 dB, EIRP 21,1543 dB. Maka dihasilkan kualitas sinyal yang ditunjukkan pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Hasil kualitas sinyal dengan tipe kabel Flexline 1/2"S.

Untuk simulasi kedua desain RF memasukkan panjang kabel 100 m, tipe kabel yang digunakan Flexline 7/8"S, 1 *coupler*, maka dihasilkan *link budget* yaitu kekuatan sinyal -94 dB, level desain -68 dB, *power output* BTS 29,0543 dBm, *path loss* 34,8 dB, dan EIRP 28,2543 dB. Kualitas sinyal ditunjukkan pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Hasil kualitas sinyal dengan tipe kabel Flexline 7/8"S.

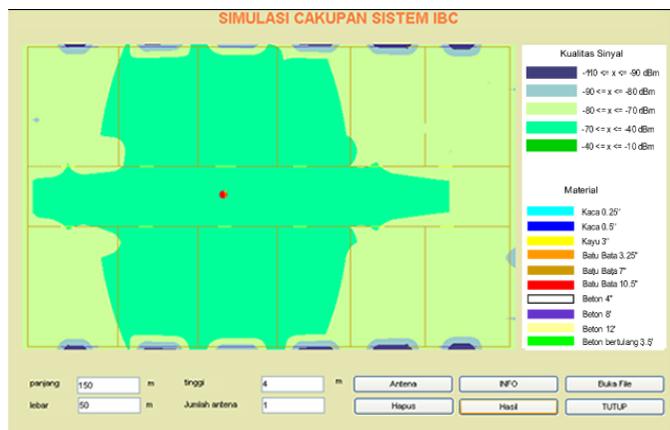
4.5. Antena

Semakin banyak antena yang digunakan maka kualitas sinyal akan semakin baik, akan tetapi EIRP tiap antena akan menjadi kecil, ditunjukkan pada Tabel 4.5

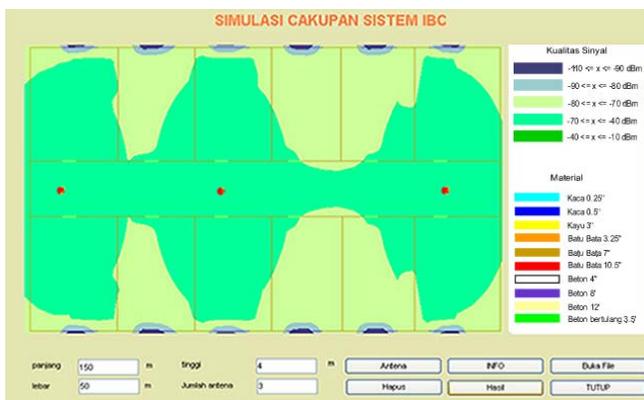
Tabel 4.5 Analisis antena *omnidirectional* dengan jumlah yang berbeda beda.

Antena	Jumlah	EIRP(dB)
Omnidirectional	1	28.2543
Omnidirectional	2	25.254
Omnidirectional	3	23.254
Omnidirectional	4	22.254

Pada simulasi dengan panjang 150 m, lebar ruangan 50 m, tinggi 4 m, jumlah antenanya 1 yang ditunjukkan pada gambar 4.14, dan jumlah antenanya ada 3 ditunjukkan pada gambar 4.15. Dapat dilihat bahwa gambar 4.15 memiliki kualitas sinyal pada ruangan yang lebih baik dari gambar 4.14.



Gambar 4.14 Hasil kualitas sinyal dengan 1 antenna.



Gambar 4.15 Hasil kualitas sinyal dengan 3 antenna.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisa program yang telah dibuat maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Ruang yang tidak bersekat-sekat atau seperti halnya *hall* mendapatkan cakupan yang kualitas sinyalnya lebih bagus daripada ruangan yang bersekat-sekat.
2. Ruang dengan jenis yang sama tetapi material berbeda akan menghasilkan cakupan sinyal yang berbeda pula.
3. Semakin panjang kabel maka *loss* semakin besar, berarti daya yang dipancarkan semakin berkurang, sehingga kualitas sinyal menjadi lemah.
4. Kabel dengan tipe yang berbeda akan menghasilkan kualitas sinyal yang berbeda.
5. Semakin banyak antenna yang digunakan maka kualitas sinyal akan semakin baik, akan tetapi EIRP akan semakin kecil.

5.2 Saran

Sebagai penutup, penulis ingin menyampaikan saran-saran sebagai berikut :

1. Program ini dapat dikembangkan dengan dilakukan perhitungan kapasitas trafiknya pada sebuah gedung.
2. Menggunakan program optimasi yang dapat menentukan letak antenna pada ruangan yang memiliki kualitas sinyal yang buruk.

3. Dapat dikembangkan pada berbagai bentuk ruangan, yang tidak hanya persegi.
4. Simulasi dapat mengetahui kualitas sinyal yang dipancarkan oleh antenna *omnidirectional* dan antenna *directional*.

DAFTAR PUSTAKA

1. Blake, Lamont V., "Antennas", John Wiley & Sons, Inc., New York, 1976.
2. Freeman, Roger L, *Telecommunication Transmission Handbook*, 4th Edition, John Wiley & Sons, Inc. New York, 1998
3. Kraus, D. John, "Antennas", McGraw-Hill International Edition, 1988
4. Roddy, Dennis and Coolen, John, "Electronic Communication", Prentice Hall of India, 1984.
5. Sunomo, *Pengantar Sistem Komunikasi Nirkabel*, Grasindo, Jakarta, 2004
6., *Antenna-ADC*, www.alandick.com, 2003
7., *Antenna Product Catalog*, www.alandick.com, 2006
8., *eMicro Base Transceiver Station Product Catalog*, Siemens Germany, 2000
9., *GSM Advanced Cell Planning*, Ericson Radio System AB, 2001
10., *In-Building Coverage System (Indoor Project)*, Tripatra Engineering, 2004
11., *Indoor Path Loss*, www.avalanwireless.com, Agust 2006
12., *Radio Network Dimensioning - Overview*, The Ericson GSM Sytem R7, 1999



Harry Rachmawan - L2F002581

Lahir di Medan, 22 Oktober 1983,
sebagai Mahasiswa Jurusan teknik
Elektro Undip Semarang, konsentrasi
Elektronika Telekomunikasi.

Semarang, 21 Februari 2007

Pembimbing I

Pembimbing II

Agung Budi P., S.T., M.IT
NIP. 132 137 932

Imam Santoso, S.T., M.T.
NIP. 132 162 546