

# Visualisasi Propagasi Gelombang *Indoor* Pada Wi-Fi 2,4 GHz

Nur Khasanah, Tri Budi Santoso<sup>1</sup>, Hani'ah Mahmudah<sup>2</sup>

Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Jurusan Teknik Telekomunikasi

<sup>1</sup>Laboratorium *Digital Signal Processing*, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

<sup>2</sup>Laboratorium *Microwave*, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

Kampus ITS, Surabaya 60111

e-mail : [nurkhasanah@student.eepis-its.edu](mailto:nurkhasanah@student.eepis-its.edu) e-mail : [tribudi@eepis-its.edu](mailto:tribudi@eepis-its.edu), [haniah@eepis-its.edu](mailto:haniah@eepis-its.edu)

## Abstrak

Wi-Fi bekerja pada jaringan dan perangkat sistem komunikasi nirkabel (*wireless communication system*), contohnya jaringan WLAN. Bagian terpenting dalam komunikasi nirkabel adalah propagasi gelombang. Karena jalannya propagasi gelombang dari transmitter (Tx) ke receiver (Rx) yang menunjukkan level daya terima terhadap sinyal tidak kasat mata, maka perlu adanya visualisasi.

Pada proyek akhir ini, telah dibuat visualisasi jalur rambat propagasi gelombang elektromagnetik dalam ruang tertutup (*indoor*) dari Wi-Fi dengan frekuensi 2,4 GHz berdasarkan data hasil pengukuran level daya propagasi dalam ruang yang berada di gedung baru PENS-ITS. Dalam pengukuran terdapat parameter yang diamati antara lain level daya terima, besarnya sudut, jarak yang diukur, dan tingginya antenna pemancar terhadap penerima. Propagasi gelombang yang diteliti adalah lintasan Line of Sight (LOS) dan Non Line Of Sight (NLOS). Dari pengukuran dapat diketahui bahwa, semakin jauh jarak penerima terhadap pemancar maka level daya yang diterima akan semakin kecil dan dipengaruhi dengan keadaan lingkungan yang ada.

Proyek akhir ini, telah dapat menghasilkan sebuah program visualisasi perambatan gelombang elektromagnetik pada propagasi *indoor* 2,4 GHz dengan menggunakan metode ray tracing 2D pada Java 2SE.

**Kata kunci:** Wi-Fi, Level Daya Sinyal, *Ray Tracing*, Java 2 SE

## I. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan teknologi telekomunikasi yang cukup pesat, semakin banyak pula sistem komunikasi dalam ruang (*indoor*) yang menggunakan Wi-Fi. Dimana, Wi-Fi bekerja pada jaringan dan perangkat sistem komunikasi nirkabel (*wireless communication system*), contohnya jaringan WLAN. Bagian terpenting dalam komunikasi nirkabel adalah propagasi gelombang. Propagasi gelombang radio didefinisikan sebagai perambatan gelombang radio di suatu medium (umumnya udara). Gelombang radio akan melakukan propagasi untuk mentransmisikan suatu informasi.

Propagasi gelombang radio dapat dikatakan ideal jika gelombang yang dipancarkan oleh antenna pemancar diterima langsung oleh antenna penerima tanpa melalui suatu hambatan (*line of sight/LOS*). Seluruh pemodelan dasar pada propagasi radio, disebut sebagai model

propagasi ruang bebas (*free space*). Propagasi ruang bebas (*free space*) terjadi apabila diantara *transmitter* dan *receiver* tidak terdapat penghalang apapun.

Proyek akhir ini mengacu pada penelitian yang pernah dilakukan oleh [1] Cyntia Widiyari dalam proyek akhirnya membuat visualisasi radiasi emisi pada *link* komunikasi kanal *multipath* dimana, data pengukuran ditransmisikan melalui proses *ray tracing*. Pembuatan program dengan menggunakan software Visual C++ berbasis OpenGL.

Sedangkan pada proyek akhir ini akan dibahas tentang suatu visualisasi jalannya propagasi gelombang elektromagnetik dari *transmitter* (Tx) ke *receiver* (Rx) yang dapat menunjukkan perubahan fase pada sinyal dengan pengukuran level daya dalam ruang pada Wi-Fi 2,4 GHz menggunakan metode Ray Tracing dengan tampilan 2D dalam bentuk gambar bergerak dengan menggunakan software Java 2 SE.

Karena sulitnya memahami jalannya propagasi gelombang elektromagnetik dari transmitter (Tx) ke receiver (Rx) yang menunjukkan perubahan fase pada sinyal yang tidak kasat mata, maka perlu adanya visualisasi.

## II. TEORI PENUNJANG DAN PERENCANAAN SISTEM

### 2.1 Propagasi Gelombang Radio

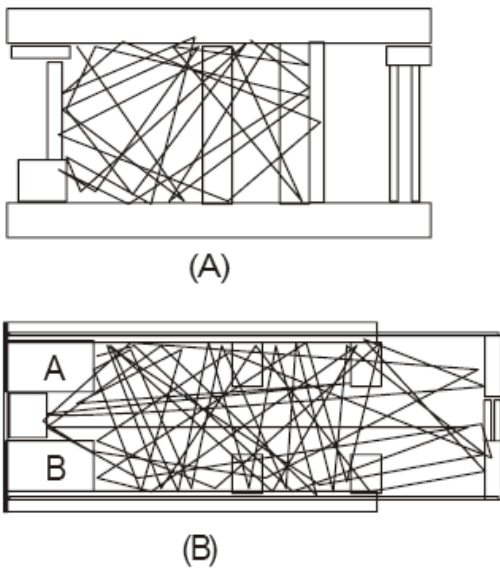
Pada komunikasi tanpa kabel, dibutuhkan adanya media transmisi yaitu gelombang radio. Gelombang radio akan melakukan propagasi untuk mentransmisikan suatu informasi. Propagasi gelombang radio didefinisikan sebagai perambatan gelombang radio di suatu medium (umumnya udara). Propagasi gelombang radio dapat dikatakan ideal jika gelombang yang dipancarkan oleh antenna pemancar diterima langsung oleh antenna penerima tanpa melalui suatu hambatan (*Line Of Sight/LOS*).

Berdasarkan jenisnya, propagasi gelombang radio dapat dikelompokkan menjadi propagasi dalam ruang (*Indoor*) dan propagasi luar ruang (*Outdoor*). Dalam membangun suatu sistem komunikasi radio *wireless* khususnya propagasi dalam ruang diperlukan adanya pemahaman tentang mekanisme dasar propagasi dalam ruang. Mekanisme dasar propagasi dikelompokkan menjadi 4, yaitu *refleksi*, *refraksi*, *difraksi* dan *scattering*.

### 2.2 Ray Tracing

Untuk memperoleh hasil pancaran Gelombang Elektromagnetik pada medan jauh (*far field*)<sup>[1]</sup>, maka diperlukan dimensi ruang jauh lebih besar dari pada panjang gelombang, maka berdasarkan asumsi geometri optic, propagasi akan menempati lintasan sebagai “rays” dalam ruang bebas dan mengambil tempat posisi antena sebagai titik pusat rays. Propagasi ray tracing dalam ruang digambarkan seperti gambar 1. Sedangkan masing-masing ray dikelompokkan sebagai gelombang datar.

Dari gambar 1 dijelaskan bahwa sudut datang sinyal terima pada Rx ditentukan oleh panjang lintasan dari antena Tx ke titik Rx pada ruang bayangan dan sudut datang sinyal terhadap Rx. Jumlah komponen lintasan jamak dari ray-tracing dapat ditentukan dengan teori *the image tree* (diagram pohon).

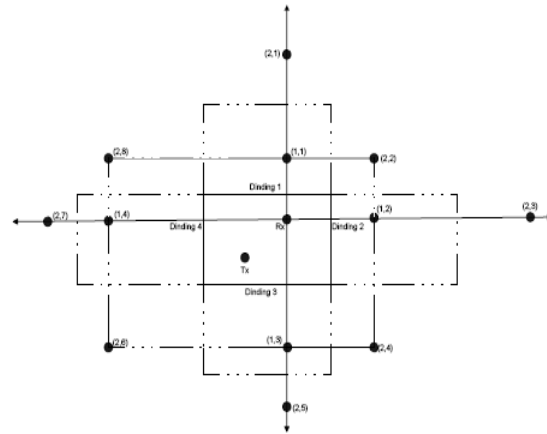


**Gambar 1**

Geometri Ray Tracing 2-D : (a) Layer 1 (b) Layer 2

Dari gambar 2, banyaknya komponen lintasan jamak yang diperoleh sama dengan jumlah titik-titik bayangan Rx pada ruang bayangan. Pada teori Geometri Optic ini diasumsikan bahwa hanya antena Rx yang dipantulkan pada masing-masing ruang bayangan, sedangkan posisi Tx tetap.

Dengan menggunakan teori tersebut, pada layer 1 diperoleh 4 komponen lintasan jamak, pada layer 2 diperoleh 8 komponen lintasan jamak dan pada layer ke n komponen lintasan jamak yang diperoleh sebanyak  $2 \times 2^n$ . perlu diketahui bahwa ray-tracing 2D ini, mengabaikan pengaruh fenomena propagasi seperti difraksi, refleksi, dan scattering. Sedangkan pengaruh pantulan dinding tetap diperhitungkan.



**Gambar 2**

Posisi Rx pada Ruang Bayangan Layer 1 dan Layer 2

### 2.3 Algoritma Ray Tracing

Algoritma Ray Tracing [1] merupakan algoritma yang umum digunakan untuk menentukan kemungkinan adanya lintasan propagasi dalam ruang menggunakan teknik geometri optic sederhana. Berdasarkan teori geometri optic di buat ruang 2 dimensi sesuai ruang pengukuran dengan skala tertentu. Setelah itu posisi Tx-Rx diletakkan pada satu tempat pada ruang utama, bayangan satu layer disebelah ruang utama disebut bayangan layer pertama.

Penentuan jumlah layer tergantung sejauh mana pantulan propagasi yang akan diamati, semakin banyak layer yang digunakan maka semakin banyak pula komponen multipath yang dapat diamati. Lintasan sinyal dalam ruang sesuai dengan teknik geometri optic dapat ditunjukkan dengan gambar 3.

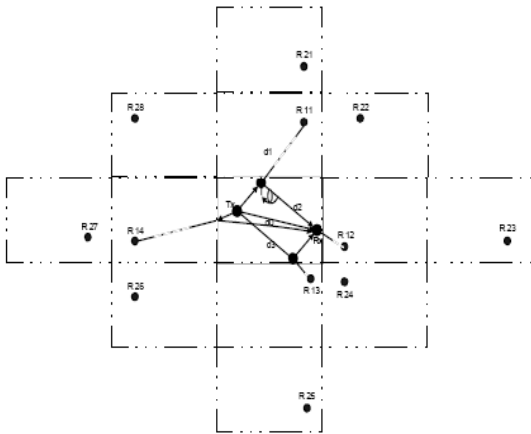
Untuk mempermudah perhitungan maka Gambar 3. diberikan sumbu koordinat x dan y, sehingga posisi Tx berada pada titik  $(x_T, y_T)$  dan posisi Rx berada pada titik  $(x_R, y_R)$ . Sedangkan posisi Rx pada ruang bayangan satu per satu diberi titik koordinat sesuai dengan posisinya. Jika titik koordinat sudah ditentukan maka dengan mudah jarak satu titik dengan titik yang lain dapat dicari menggunakan persamaan dua garis. Tujuan akhir dari algoritma ini untuk mencari sinyal pada lintasan propagasi ke n yang dikirim dari Tx ke Rx, sebagai identifikasi komponen multipath dalam ruang. Komponen multipath tersebut ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Amplitudo Sinyal Lintasan Ke n:} \\ \alpha_n = \frac{1}{d} \prod_{m=1}^{N_r} |R_{reflector, m}| \quad (2-1)$$

$$\text{Delay Sinyal Lintasan Ke n:} \\ \tau_n = \frac{d_n}{v} \quad (2-2)$$

$$\text{Fase Sinyal Lintasan Ke n:} \\ \theta_n = (\beta \times d_n) + \sum_{m=1}^{N_r} \Phi_{reflector, m} \quad (2-3)$$

Dimana:  $\alpha_{r_n}$  = amplitudo,  
 $T_{r_n}$  = delay,  
 $S_{r_n}$  = fase,  
 $d_{r_n}$  = jarak lintasan,  
 $c$  = kecepatan cahaya,  
 $N_r$  = jumlah reflector,  
 $\Phi_{reflector}$  = fase koefisien refleksi,  
 $\beta = \frac{2\pi}{\lambda}$ ,  $|R_{reflector}|$  = amplitudo koefisien refleksi.



**Gambar 3**  
 Algoritma Geometri Ray Tracing 2D

R11 s/d R14 = Posisi Rx pada bidang bayangan 1  
 R21 s/d R28 = Posisi Rx pada bidang bayangan 2  
 $d_0$  = lintasan langsung dari Tx ke Rx  
 $d_1$  s/d  $d_4$  = lintasan multipath  
 $\theta$  = sudut datang sinyal terhadap bidang normal

#### 2.4 J2SE

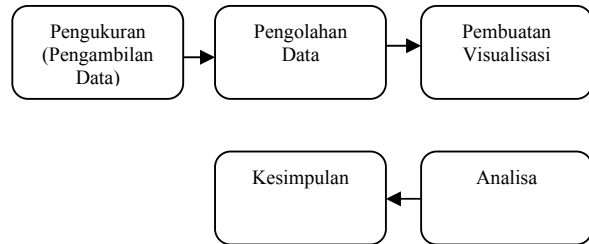
Komponen AWT diletakkan dalam satu *package* yaitu *java.awt*, didalamnya terdapat komponen-komponen GUI dasar, salah satunya adalah *Component*. *Class Component* adalah moyang dari sebagian besar komponen AWT maupun *Swing*. *CheckBox*, *Label*, *Button* dan beberapa komponen AWT lainnya adalah turunan langsung dari *class Component*.

Semua komponen *Swing* dimulai dengan huruf "J". Mereka semua bekerja dengan cara yang sama tapi sedikit berbeda satu sama lain. Dan rekan pendamping mereka adalah AWT.

#### 2.5 Perencanaan Sistem

Pada perencanaan sistem ini akan membahas tentang perancangan sistem terhadap data dari hasil pengukuran untuk diproses dan perancangan visualisasi propagasi gelombang pada frekuensi Wi-Fi 2,4GHz dengan menggunakan metode *ray tracing* 2D, selain itu juga akan dijelaskan tentang perencanaan pengukuran, set-up pengukuran, parameter pengukuran, peralatan yang digunakan pada pengukuran, dan pengambilan data dari pengukuran serta bagaimana data tersebut diolah. Serta melakukan perancangan sistem sesuai dengan hasil

pengukuran menggunakan antenna Wi-fi 2,4 GHz dan pengolahan data yang telah disusun. Implementasi perangkat lunaknya menggunakan metode *ray tracing* 2D. Blok diagram berikut mengilustrasikan proses atau tahap dalam menyelesaikan tugas akhir ini :



**Gambar 4.** Diagram Kerja Tugas Akhir Keseluruhan

#### 2.6 Pengukuran atau Pengambilan Data

Dalam melakukan pengukuran atau pengambilan data di lapangan harus memperhatikan faktor-faktor yang menunjang proses pengukuran. Berikut ini merupakan faktor-faktor penunjang dalam proses pengukuran data.

##### 2.6.1 Set Up Pengukuran

*Set-Up* pengukuran dilakukan seperti gambar 5 dibawah ini:

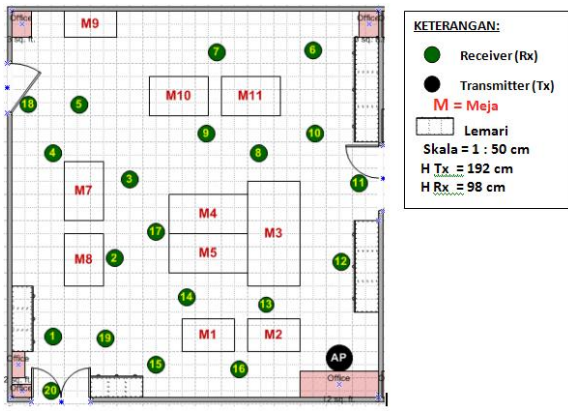


**Gambar 5.** Set-Up Alat Ukur

##### 2.6.2 Parameter Pengukuran

Parameter pengukuran yang dilakukan pada proyek akhir ini adalah sebagai berikut :

- Ketinggian antenna penerima (Rx) 98 cm
- Polarisasi antenna vertikal
- Antena penerima (Rx) diarahkan ke pemancar (Tx) untuk mendapatkan sinyal yang diterima dari pemancar.
- Wi-fi bekerja di frekuensi 2.4 GHz dan mempunyai 11 *channel*. Dengan frekuensi sekitar 2,412-2,462 GHz. Supaya ke 11 *channel* *tercapture* semua maka spannya sebesar 100 MHz. Sehingga frekuensi start dan stopnya diset sebesar 2,39 GHz-2,49 GHz.
- Set marker sesuai dengan channel yang ada di access point. Contoh: channel access point berada di 2,462 maka marker yang ada di FSH di set sesuai dengan *channel access point*nya.
- FSH view* diatur dengan referensi level -20 dBm sehingga batas level daya terima minimal sinyal dapat *tercapture* -60 dBm.
- Pengambilan titik *sample* di gedung baru PENS-ITS meliputi 12 laboratorium gedung baru PENS-ITS.



**Gambar 6.**  
Pengambilan sampel di lab Berbantuan Komputer

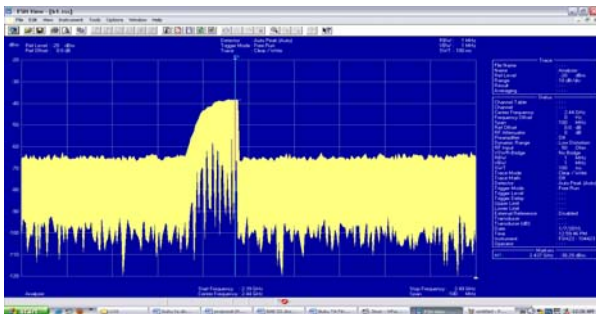
### 2.6.3 Skenario Pengukuran

Sebelum melakukan pengukuran cek terlebih dahulu *access point* yang aktif dengan menggunakan *netstlumber*. *Netstlumber* berguna untuk melihat channel dan *SSID access point*. Kemudian laptop dikonekan ke Wi-fi yang aktif untuk mengetahui kuat lemahnya daya Wi-fi tersebut. Sehingga kalau ada salah satu Wi-fi yang nyala dapat dimatikan. Karena pengukuran dilakukan pada saat keadaan Wi-finya mati, hanya satu yang nyala.

Dilakukan *set-up* pengukuran sesuai dengan parameter yang sudah disebutkan. Setiap step dilakukan perubahan jarak dari antenna penerima terhadap pemancar tanpa merubah parameter yang ada. Tapi harus diingat, antenna harus tetap diarahkan ke *access point* yang aktif dan setiap perpindahan tempat pengukuran, cek channel *access pointnya*. Dan set marker sesuai dengan *access point* tersebut.

### 2.6.4 Pengambilan Data Pengukuran

Dengan melakukan *set-up* pengukuran, parameter pengukuran dan skenario pengukuran, selanjutnya dapat dilakukan pengambilan data. Data yang diambil adalah level daya yang direpresentasikan dalam domain frekuensi. Data tersebut disimpan dalam format \*.rss (format dari *FSH View*). Selanjutnya akan dirubah menjadi \*.txt untuk mendapatkan nilai level daya fungsi frekuensi dengan cara copy data ke dalam notepad. Contoh data yang diambil dapat dilihat pada gambar berikut ini :

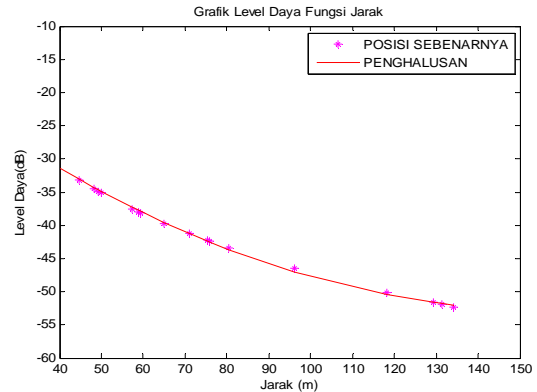


**Gambar 7.** Hasil Pengukuran dengan *Netstlumber*

Data yang diperoleh dari hasil *copy* data dapat berformat \*.txt maupun \*.xls, tergantung di mana *paste* dari hasil *copy* data bisa di Ms. Excel bisa juga di notepad.

### 2.6.5 Data Hasil Pengukuran

Data hasil pengukuran data yang diperoleh ditampilkan dalam bentuk grafik level daya berdasarkan fungsi jarak seperti terlihat pada Gambar 8 di bawah ini:



**Gambar 8.** Grafik level daya terhadap jarak (LOS)

### 2.6.6 Pengolahan Data Hasil Pengukuran

Hasil pengukuran dilapangan berupa informasi tentang level daya terima dari pemancar (*Access Point*) ke penerima (*Antenna Horn*) sesuai dengan jarak titik pengambilan *sample* pengukuran. Frekuensi yang digunakan sebesar 2,4 GHz. Pengolahan data pengukuran meliputi penyortiran data berdasarkan jarak, serta penganalisaan level daya dalam beberapa skenario pengukuran. Selain itu juga perlu dipertimbangkan *losses* kabel yang digunakan dalam pengukuran.

## III. PEMBUATAN SISTEM DAN ANALISA

Pada bab ini akan dibahas mengenai implementasi sistem berdasarkan hasil data pengukuran. Kemudian dibuat visualisasi grafik fungsi jarak dan visualisasi propagasi gelombang pada Wi-Fi 2,4 GHz dengan metode *ray tracing 2D*.

### 3.1 Tampilan Grafik Pada J2SE

Data hasil pengukuran level daya terima dari setiap titik antenna *receiver* selanjutnya dibuat grafik level daya fungsi jarak. Jarak diukur dari antenna *transmitter* dengan setiap antenna *receiver*. Data hasil pengukuran pada setiap laboratorium disimpan pada *file.txt*. selanjutnya *file-file* tersebut diletakkan pada satu proyek proyek akhir ini. Kemudian *file-file* \*.txt yang berada pada proyek tersebut akan *diload* melalui Radio Button yang sudah diganti namanya seperti pada 12 pilihan laboratorium pada tampilan grafik level daya fungsi jarak. Seperti gambar grafik level daya fungsi jarak pada ruang laboratorium *Embedded Control* ini:



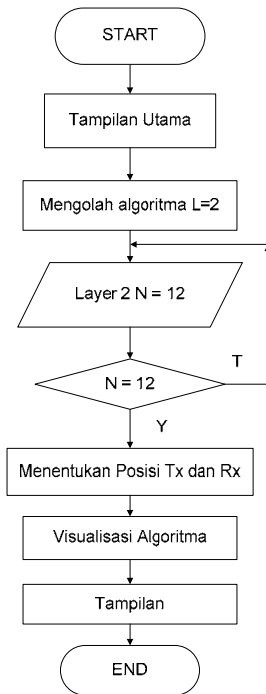
Gambar 9.

Grafik level daya fungsi jarak lab *Embedded Control*

Dari sampel grafik level daya pada laboratorium *Embedded Control* seperti pada gambar 3.8 diatas dapat dianalisa bahwa level daya terima tidak selalu dipengaruhi oleh jarak jauh dekatnya letak antenna *transmitter* dengan antenna *receiver*. Dari sampel perbandingan data level daya terima pada ruang pengukuran dipengaruhi oleh faktor letak posisi properti-properti yang ada pada ruang pengukuran. Secara umum, level daya terima berbanding terbalik dengan jarak. Semakin jauh jaraknya maka semakin kecil level dayanya.

### 3.2 Proses Visualisasi dengan Ray Tracing 2D

Pada tahap ini akan dilakukan proses pembuatan *ray tracing* 2D yang menggambarkan sinyal berpropagasi dari *transmitter* menuju *receiver* yang secara nyata tidak kasat mata. Adapun proses pembuatan *ray tracing* adalah seperti pada *flowchart* pada gambar 10.

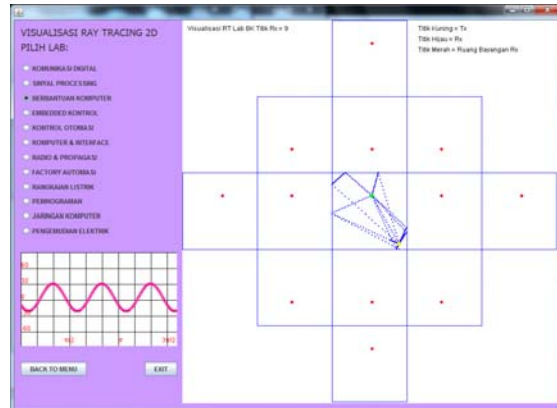


Gambar 10. Flowchart Visualisasi *Ray Tracing* 2D

Dalam pembuatan *software* pada proses *ray tracing* ini terdapat suatu permasalahan yaitu bagaimana memvisualisasikan perambatan atau pancaran dari gelombang elektromagnetik di dalam ruangan atau gedung yang secara *real* (kenyataannya) tidak kasat mata.

Visualisasi *ray tracing* dibuat menggunakan bahasa pemrograman Java 2SE. Pada program ini, terdapat 2 kondisi yaitu kondisi LOS dan kondisi NLOS. Kondisi LOS yaitu kondisi dimana pengiriman sinyal dari Tx diterima langsung oleh Rx. Sedangkan untuk kondisi NLOS dimana terjadi pemantulan karena terdapat penghalang berupa dinding yang membatasi.

### 3.3 Tampilan Visualisasi



Gambar 11.

Tampilan hasil *ray tracing* pada lab Berbantuan Komputer

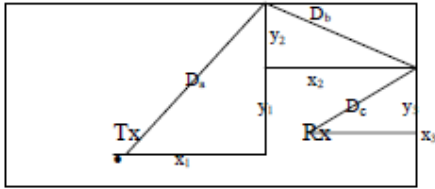
Ruang bayangan yang ada di layer 1 dan 2 merupakan cerminan dari posisi Rx di ruang utama untuk menentukan bayangan Rx yang ada di ruang bayangan menggunakan algoritma geometri optic. Sehingga ketika lintasan Tx menuju Rx, akan terpantul oleh dinding-dinding ruang utama.

Pada layer 2 ini diperoleh 12 ruang bayangan dari Rx. Layer 2 ini merupakan cerminan dari ruang utama. Sehingga sisi-sisinya sama dengan ruangan utamanya.

Posisi Tx akan tetap berada pada ruang utama sedangkan posisi Rx akan dipantulkan pada masing-masing ruang bayangan.

Selanjutnya proses pembuatan *ray tracing* dimulai dengan menekan salah satu tombol pilihan laboratorium yang dikehendaki. Tombol pilihan laboratorium ini akan memanggil program untuk memvisualisasikan propagasi gelombang *indoor* dimana, pada visualisasi dengan metode *ray tracing* 2D ini akan muncul sinyal sinus setelah setiap lintasan mencapai titik koordinat Rx pada ruang utama. Setiap lintasan akan muncul sinyal sinus yang bervariasi dengan perubahan parameter fase dan amplitudo. Perubahan pada fase diperoleh ketika lintasan menatap dinding dan dipantulkan kembali sesuai hukum *Snellius* yaitu sudut datang sama dengan sudut pantul. Terjadinya proses *ray tracing* karena titik-titik yang bergerak dari posisi Tx menuju Rx akan terpantul oleh dinding-dinding yang ada di ruang utama.

Untuk menentukan besarnya sudut sinar datang menggunakan rumus sebagai berikut:



Gambar 12. Lintasan Tx menuju Rx

$$\text{Arc Tan} = X_1 / Y_1 \quad (3.1)$$

Sedangkan untuk menentukan amplitudo digunakan rumus seperti dibawah ini:

$$P_r = 20 \log (V_{\text{out}} / V_{\text{in}}) \quad (3.2)$$

Dimana:

$P_r$  = Daya yang diterima Rx

$V_{\text{out}}$  = Tegangan keluar

$V_{\text{in}}$  = Tegangan masuk (100 mV)

Apabila lintasan sinar menumbuk dinding maka  $V_{\text{out}}$  dikalikan dengan besarnya koefisien dinding, dimana besar koefisien dinding sebesar 0 – 0.65.

Saat sinar dari Tx untuk pertama kali menuju Rx tidak akan terpantul oleh dinding-dinding ruangan tetapi langsung menuju Rx ini yang disebut *Line Of Sight* (LOS). Sedangkan pada saat sinar datang dari posisi Tx merambat menuju Rx, kemudian sinar tersebut akan terpantul karena adanya dinding-dinding ruangan, ini yang dinamakan lintasan *Non Line of Sight* (NLOS). Pada lintasan NLOS satu kali lintasan sinar dapat mengalami beberapa kali pantulan.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan :

1. Hasil visualisasi propagasi gelombang *indoor* yang dibuat pada proyek akhir ini sudah dapat memberikan gambaran bagaimana bentuk sinyal sinus pada setiap lintasan.
2. Hasil visualisasi *ray tracing* berupa gambar bergerak terlihat jelas dan menarik sehingga memudahkan pemahaman adanya pengaruh perubahan fase dan amplitudo pada sinyal sinus pada tiap lintasan yang secara nyata tidak kasat mata.
3. Hasil dari pembuatan *ray tracing* menunjukkan arah perambatan sinyal yang dikirim dari *transmitter* menuju *receiver*.

#### V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cyntia Widyasari, *Visualisasi Radiasi Emisi pada link komunikasi kanal multipath*, Surabaya, 2006.
- [2] Nursantoso, *pengukuran dan pengolahan excess delay kanal radio propagasi indoor (nlos) menggunakan sistem d – mimo*, Surabaya, 2006
- [3] Muhammad Syirajuddin S., *Pengolahan Power Delay Profile (PDP) Propagasi Dalam Ruang untuk Kondisi Ruang yang Berbeda*, Surabaya, 2006
- [4] Rahmi Nuzuliyah, *Pembuatan Modul Ajar Interaktif Untuk Image Enhancement Pada Java Applet*, Surabaya, 2007
- [5] <http://eecchoo.wordpress.com/2007/11/26/mengen-al-java-tutorial-awal-java/>
- [6] <http://java.lyracc.com/belajar/java-untuk-pemula/file>
- [7] <http://eecchoo.wordpress.com/2007/11/26/mengen-al-java-tutorial-awal-java/>
- [8] Yuliana Mike, *Teori Java*