

13587/H/01

**SIMULASI PERHITUNGAN KUAT MEDAN  
PADA PROPAGASI GELOMBANG RADIO  
UNTUK  
DAERAH URBAN DENGAN MODEL TIGA DIMENSI**

**TUGAS AKHIR**

Disusun oleh :

**BAJU SETYAWAN**  
**NRP. 2295100501**

RSE  
621.384 II  
Set  
5-1  
1998



PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	26-6-2000
Terima Dari	H
No. Lembar Prp.	21.305

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
1998**



**SIMULASI PERHITUNGAN KUAT MEDAN  
PADA PROPAGASI GELOMBANG RADIO  
UNTUK  
DAERAH URBAN DENGAN MODEL TIGA DIMENSI**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro  
Pada

Bidang Studi Teknik Telekomunikasi  
Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
S u r a b a y a

Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing



Ir. HANG SUHARTO, M.Sc.

NIP. 130 520 753

**SURABAYA  
Februari. 1998**

## ABSTRAK

Perencanaan sistem komunikasi bergerak membutuhkan kecepatan dan keakuratan data untuk dapat menangani kebutuhan informasi pemakai yang terus meningkat sesuai dengan tingkat mobilitas manusia yang semakin tinggi. Dibutuhkan suatu metoda dengan menggabungkan teknologi komputer sebagai data processing dan teknologi komunikasi yang akan meningkatkan ketepatan dan kecepatan dalam perencanaan suatu sistem komunikasi tersebut.

Dalam mendesain sistem perencanaan dan implementasi pada sistem komunikasi bergerak, diperlukan prakiraan terhadap kecenderungan suatu sistem yang direalisasikan dengan penggunaan simulasi pada sistem tersebut. Pemodelan propagasi gelombang untuk sistem komunikasi bergerak, dapat dilakukan dengan mensimulasikan alur propagasi gelombang dengan menerapkan profile terrain suatu daerah berdasarkan informasi peta topographi. Tugas akhir ini membahas simulasi propagasi gelombang radio dengan menggunakan model deterministik yang akan digabungkan kedalam bahasa pemrograman komputer.

Pemodelan dengan menggunakan model deterministik berdasar atas teori physical optik yang dikembangkan dalam bentuk geometrikal optik yang dikenal dengan nama Uniform Theory of Diffraction. Model deterministik menggunakan pola peta topographi yang akan dianalisa secara terpisah antara titik referensi pancar dan titik referensi terima. Dari analisa dua titik referensi tersebut akan dibentuk profile terrain yang terdiri dari pola vertikal terrain dan transversal terrain. Beberapa kondisi dan tipe halangan terrain vertikal dan terrain transversal yang terdapat pada profile terrain itu akan dialokasikan dalam proses pemrograman komputer untuk dianalisa pengaruhnya terhadap alur pancaran propagasi. Dari proses pemrograman akan didapatkan level kuat medan di setiap titik pada alur propagasi sesuai dengan proses pembiasan pada tiap titik yang dilaluinya.

Hasil penerapan perhitungan prakiraan kuat medan dalam pemrograman komputer berupa redaman yang bervariasi terhadap level pancar sesuai dengan proses difraksi pada tiap titik pengamatan yang dilalui. Peredaman yang bervariasi ini mengalami perubahan level secara dominan terhadap perubahan ketinggian penerimaan dan perubahan jarak yang ditempuh oleh sinyal propagasi dari pemancar ke penerima. Simulator ini mempunyai hasil perhitungan tingkat penerimaan kuat medan, redaman dan time dispersion dengan parameter koordinat lokasi dan ketinggian titik penerimaan yang dapat diatur peletakkannya secara mudah.

## KATA PENGANTAR

---

Alhamdulillah segala puji syukur ditujukan kepada Allah SWT atas rahmat dan hidayah yang telah dilimpahkan sehingga penyusunan laporan tugas akhir berjudul **Simulasi Perhitungan Kuat Medan Pada Propagasi Gelombang Radio Untuk Daerah Urban Dengan Model Tiga Dimensi** dapat kami selesaikan dengan baik.

Dengan penuh kerendahan hati dan ketulusan kepada semua pihak yang telah ikut membantu memperlancar kegiatan pembuatan tugas akhir ini, penulis menghanturkan rasa terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Hang Suharto, MSc, selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan arahan dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Bapak Ir. Teguh Yuwono selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro ITS.
3. Bapak Ir. Bambang Heru Tjahyono, Bapak Ir. Achmad Wibisono selaku pembimbing dari BPPT yang sangat membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.
4. Bapak Ir. Aries Purnomo selaku Koordinator Bidang Studi Teknik Telekomunikasi Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS yang telah memberikan persetujuan.
5. Orang tua dan saudara-saudara kami selalu mendukung baik moril maupun materiil dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

6. Rekan-rekan yang telah sangat membantu : Achmad Romadhon, Bramantio, Budi Palembang, Misfa, Gunawan, Yasin, Ihwan, Salman dan juga semua pihak yang tidak mungkin disebutkan satu persatu.

Tidak lupa ucapan maaf kami sampaikan kepada semua pihak atas segala ketidaksempurnaan dalam penyusunan laporan ini dan semoga apa yang telah kami berikan ini dapat bermanfaat.

Surabaya, 20 Februari 1998

Penyusun

## DAFTAR ISI

---

<b>JUDUL</b> .....	i
<b>PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>ABSTRAK</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	x
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Permasalahan.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	5
1.5 Metodologi.....	5
1.6 Langkah-Langkah Pembahasan.....	6
1.7 Relevansi.....	7
<b>BAB II TEORI PENUNJANG</b>	
2.1 Umum.....	8
2.2 Lintasan Gelombang Radio dan Perubahan Posisi Penerima Bergerak... 10	
2.3 Pemodelan Propagasi Gelombang pada Sistem Komunikasi Bergerak... 14	
2.3.1 Prakiraan Propagasi Gelombang dalam Dimensi Terrain..... 15	
2.3.2 Kondisi Tanpa Penghalang..... 16	
2.3.3 Kondisi Dengan Penghalang..... 17	
2.3.3.1 Pembiasan Gelombang..... 18	
2.3.3.1.1 Freznel Diffraction Model..... 19	
2.3.3.1.2 Teori Pembiasan Seragam..... 22	
2.3.4 Pemanfaatan Bank Data dalam Pemodelan Propagasi..... 24	

2.3.6 Karakteristik Terrain.....	31
<b>BAB III PROSES PEMBUATAN PROGRAM</b>	
3.1 Umum.....	34
3.2 Konversi Data Fisik Terrain ke Memor.....	34
3.3 Spesifikasi Pembuatan Terrain.....	38
3.4 Pembentukan Lintasan Gelombang Vertikal.....	40
3.4.1 Penentuan Titik Bias pada Halangan Vertikal.....	42
3.5 Pembentukan Lintasan Gelombang Transversal.....	45
3.5.1 Penentuan Titik Bias pada Pola Halangan Transversal.....	46
3.6 Perhitungan Kuat Medan pada Titik-Titik Dominan.....	49
3.6.1 Proses Perhitungan pada Halangan Wedge Tunggal.....	50
3.6.2 Proses Perhitungan Berdasar Halangan Wedge Ganda.....	53
3.7 Delay Spread.....	56
3.8 Diagram Alir Program.....	59
<b>BAB IV ANALISA HASIL PERANGKAT LUNAK</b>	
4.1 Proses Penentuan Konstanta Perhitungan Kuat Medan.....	62
4.2 Pembagian Level Penerimaan pada Perhitungan Kuat Medan.....	65
4.3 Proses Perhitungan Kuat Medan.....	69
4.4 Validasi Hasil Perhitungan Kuat Medan.....	71
4.5 Proses Perhitungan Delay Spread.....	71
<b>BAB V PENUTUP</b>	
5.1 Kesimpulan.....	75
5.2 Saran.....	77
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>79</b>
<b>LAMPIRAN</b>	
<b>1. GAMBAR HASIL PEMROGRAMAN</b>	
<b>2. RIWAYAT HIDUP</b>	
<b>3. PROPOSAL TUGAS AKHIR</b>	

## DAFTAR GAMBAR

---

GAMBAR 2.1 PETA PERGERAKAN PENERIMA.....	11
GAMBAR 2.2 KARAKTERISTIK KUAT MEDAN.....	12
GAMBAR 2.3 KECEPATAN DAN KONVERSI KE DOMAIN RUANG.....	13
GAMBAR 2.4 LINTASAN GELOMBANG FREE SPACE.....	17
GAMBAR 2.5 STRUKTUR HALANGAN TUNGGAL.....	20
GAMBAR 2.6 PARAMETER DIFRAKSI FREZNEL.....	21
GAMBAR 2.7 ILUSTRASI HUKUM PEMBIASAN CAHAYA.....	23
GAMBAR 2.8 PEMBIASAN PADA BIDANG MELENGKUNG.....	24
GAMBAR 2.9 PROSES TRACING PROFILE.....	26
GAMBAR 2.10 POLA PROFILE VERTIKAL.....	28
GAMBAR 2.11 POLA PROFILE TRANSVERSAL.....	29
GAMBAR 2.12 GELOMBANG DATANG DNG SUDUT BEDA.....	31
GAMBAR 2.13 PROFILE LINTASAN 3D.....	32
GAMBAR 3.1 DATA STRUKTUR POLA Matriks.....	36
GAMBAR 3.2 KONVERSI DATA Matriks KE MEMORI.....	37
GAMBAR 3.3 TRACING VERTIKAL & TRANSVERSAL.....	40
GAMBAR 3.4 VERTIKAL TERRAIN DIANTARA $T_x$ - $R_x$ .....	41
GAMBAR 3.5 MENENTUKAN Titik BIAS VERTIKAL.....	44
GAMBAR 3.6 TRANSVERSAL TERRAIN DIANTARA $T_x$ - $R_x$ .....	40
GAMBAR 3.7 MENENTUKAN Titik BIAS TRANSVERSAL.....	48
GAMBAR 3.8 POLA HALANGAN WEDGE TUNGGAL.....	50

GAMBAR 3.9 POLA HALANGAN WEDGE GANDA.....	53
GAMBAR 3.10 PERHITUNGAN POLA WEDGE GANDA.....	55
GAMBAR 3.11 EFEK DOPPLER.....	56
GAMBAR 3.12 DELAY SPREAD.....	57
GAMBAR 4.1 KONSTANTA PERHITUNGAN GRAFIS.....	63
GAMBAR 4.2 KONSTANTA PERHITUNGAN GRAFIS TOP VIEW.....	64
GAMBAR 4.3 PEMBAGIAN LEVEL PENERIMAAN KUAT MEDAN...	67
GAMBAR 4.4 KURVA REDAMAN COST321TD(90).....	68
GAMBAR 4.5 KURVA REDAMAN HSIL PERHITUNGAN.....	74

## DAFTAR TABEL

---

TABEL 3.1 DELAY SPREAD BERDASARKAN TIPE DAERAH.....	58
TABEL 4.1 HASIL PERHITUNGAN KUAT MEDAN.....	73

# BAB I PENDAHULUAN

---

## 1.1 Latar Belakang

Perpaduan antara teknologi komunikasi dan teknologi komputer sangat mendukung perkembangan teknologi komunikasi yang seiring dengan berjalannya waktu harus mampu melayani aktivitas manusia yang cenderung bergerak dalam dimensi ruang dan waktu dengan cepat. Usaha-usaha manusia untuk menggabungkan teknologi komunikasi dan komputer adalah bertujuan untuk membentuk suatu sistem informasi yang memadai bagi kepentingan masyarakat luas.

Pesatnya perkembangan teknologi komputer memungkinkan pengguna mempermudah dalam pengolahan dan pengiriman informasi dengan tingkat keakuratan tinggi dan kecepatan pengolahan data yang sangat cepat. Sebagai tindak lanjut pemanfaatan teknologi komputer, disusunlah suatu perangkat lunak yang mampu mensimulasikan sistem komunikasi bergerak, dalam hal ini propagasi gelombang radio, yang akan sangat membantu dalam proses perencanaan sistem komunikasi terutama sistem komunikasi bergerak. Pemanfaatan perangkat lunak komputer pada perencanaan sistem komunikasi diharapkan dapat menghasilkan proses implementasi sistem yang lebih teliti dan lebih akurat dengan keandalan tinggi.

Berdasar uraian diatas, dalam teknologi komunikasi terutama untuk sistem komunikasi bergerak, telah dikembangkan beberapa metode untuk menciptakan suatu perangkat lunak sebagai sarana untuk menerapkan sistem perencanaan dan

implementasi. Dalam pembuatan perangkat lunak ini digunakan metode pensimulasian propagasi gelombang radio, dengan menerapkan pemodelan sinyal propagasi pada suatu sistem komunikasi bergerak, yang dapat diklasifikasikan dalam tiga cara yaitu : **emperical, deterministic dan semi-deterministic**. Emperical model terdiri dari diagram data dan perhitungan path loss yang dianalisa secara statistik dalam sejumlah besar pengukuran dengan menggunakan peralatan pengukuran yang handal yang berakibat pada pemenuhan biaya pengukuran yang relatif tinggi. Untuk model deterministic dan semi-deterministic proses pengukuran dilakukan dengan menganalisa secara teori konsep - konsep propagasi gelombang yang kemudian diterapkan pada informasi fisik dari data geografis suatu daerah.

Pemodelan propagasi gelombang telah berkembang menjadi berbagai macam sistem sesuai dengan klasifikasi pemodelan diatas, diantaranya adalah : Hatta Empirical Model, Durkin's Model, Walfish-Ikegami Semi Deterministic Model, Uniform Theory Of Diffraction (UTD) Deterministic Model. Model Uniform Theory Of Diffraction (UTD) menggunakan deterministic murni dengan menerapkan informasi terrain dengan mengamati kondisi fisik suatu halangan dari suatu daerah tertentu. Model UTD inilah yang akan digunakan dalam pembuatan tugas akhir ini, dengan pertimbangan adanya kemudahan dalam pemanfaatan teknologi komputer dalam proses perhitungannya serta keterbatasan alat pengukuran, waktu dan dana bila menggunakan model non-deterministic.

## 1.2 Permasalahan

Pada sistem komunikasi bergerak pengaruh kondisi fisik geografis suatu daerah akan dominan dalam perencanaan jaringan telekomunikasi sehingga dibutuhkan informasi data yang lengkap dari letak geografis suatu daerah yang menjadi jangkauan pelayanannya. Sistem jaringan telekomunikasi, khususnya untuk komunikasi bergerak, harus dapat menjangkau seluruh area yang ditangani oleh sistem itu. Kegagalan pelayanan pada suatu area tertentu sedini mungkin harus dapat dihindari dengan perencanaan yang akurat dari setiap faktor pendukung sistem. Untuk mengurangi tingkat kegagalan dalam perencanaan suatu sistem dibuatlah pemodelan atau simulasi propagasi gelombang radio dari sistem komunikasi bergerak dengan memanfaatkan perangkat lunak komputer dalam pemrosesan perhitungan berdasar pada kondisi fisik dari profil geografis disekitar jaringan tersebut. Simulasi propagasi gelombang ini akan menganalisa alur propagasi dari setiap titik pengamatan berdasar pada pola halangan yang terjadi pada setiap daerah yang dilalui sinyal, sehingga dapat diprediksikan level daya yang diterima oleh pelanggan pada setiap titik yang menjadi area pelayanan sistem tersebut.

## 1.3 Pembatasan Masalah

Dalam tugas akhir ini, permasalahan yang dikaji dibatasi menjadi beberapa hal yaitu :

1. Menggunakan sitem Uniform Theory of Diffraction dalam penentuan dan perhitungan alur sinyal propagasinya.

2. Daerah yang diamati adalah daerah perkotaan ( urban ).
3. Diasumsikan pola geografis pada daerah pengamatan merupakan konduktor sempurna.
4. Penerapan perhitungan akibat adanya pola halangan antara pemancar dan penerima diasumsikan akibat pengaruh pembiasan ( diffraction ).
5. Bentuk fisik gedung pada daerah yang diamati diasumsikan homogen dengan bentuk kubus.

Pembahasan pada tugas akhir ini dititikberatkan pada perhitungan tingkat kuat medan, delay spread dan redaman yang diterima di suatu daerah tertentu setelah melalui proses pemancaran dan pengaruh pembiasan akibat adanya halangan antara pemancar dan penerima. Akibat proses pembiasan yang terjadi antara pemancar dan penerima, sinyal sebagai cahaya pada frekwensi tinggi akan berubah phase dan amplitudonya. Perhitungan tingkat kuat medan pada penerima dilakukan secara parsial di suatu titik pengamatan dengan berdasar pada analisa secara terpisah dari tiap titik halangan yang dilalui. Secara umum propagasi gelombang yang akan disimulasikan terbagi menjadi dua gelombang dasar yaitu gelombang langsung ( sistem LOS ) dan gelombang bias akibat adanya halangan diantara pemancar dan penerima. Propagasi gelombang akan diamati melalui arah vertikal, arah transversal kiri dan transversal kanan dari halangan - halangan yang ada. Penentuan titik - titik pengamatan arah vertikal dan transversal dilakukan dengan mendeteksi titik - titik tertinggi dan terluar dari setiap halangan yang muncul.

Pola terrain diasumsikan sebagai daerah perkotaan ( urban ) dengan kondisi fisik penyusunnya adalah konduktor sempurna, sehingga konsep UTD dapat diterapkan dalam menentukan titik bias suatu halangan.

#### **1.4 Tujuan**

Tujuan tugas akhir ini adalah membuat perangkat lunak untuk mensimulasikan propagasi gelombang radio pada daerah urban untuk sistem komunikasi bergerak dengan menggunakan metode Uniform Theory of Diffraction.

Diharapkan perangkat lunak ini dapat dipergunakan untuk memprediksikan propagasi gelombang radio pada suatu area tertentu sehingga dapat membantu perencanaan sistem komunikasi bergerak secara akurat terutama sekali untuk penentuan tingkat kuat medan, delay spread dan delay time yang diterima di suatu area liputan yang dikehendaki.

#### **1.5 Metodologi**

Metode yang digunakan dalam pembuatan perangkat lunak ini didasarkan pada studi literatur dari buku-buku, majalah, jurnal teknik telekomunikasi. Pembuatan perangkat lunak menggunakan teknik pengolahan dengan bahasa pemrograman Delphi ( Borland Delphi 3.0 ). Dari konsep - konsep propagasi gelombang, perhitungan redaman akibat pembiasan dan redaman jarak tempuh gelombang, sesuai dengan konsep UTD, diolah perhitungan - perhitungannya

dengan konsep pemrograman yang efisien, selanjutnya dibuat suatu validasi program dari data yang telah diperoleh serta membuat kesimpulan dari seluruh pembahasan yang telah dikerjakan.

### **1.6 Langkah - Langkah Pembahasan**

Pembahasan dalam tugas akhir ini secara umum dapat diuraikan sebagai berikut :

- Bab I : Sebagai pendahuluan, membahas pandangan umum latar belakang pembuatan perangkat lunak propagasi gelombang pada sistem komunikasi bergerak, permasalahan dan batasannya, tujuan pembuatan perangkat lunak dan metodologi yang digunakan.
- Bab II : Membahas konsep dasar pemodelan propagasi gelombang pada sistem komunikasi bergerak, meliputi teori pembiasan, pembuatan data terrain untuk pemodelan propagasi, penentuan karakteristik kuat medan, pembuatan profile sepanjang alur propagasi, frekwensi doppler, penentuan jenis halangan dominan.
- Bab III : Membahas alur logika perangkat lunak propagasi gelombang dan implementasinya ke bahasa pemrograman.
- Bab IV : Menganalisa hasil pemrograman yang telah dibuat dan membuat validasi dari hasil perhitungannya.
- BabV : Merupakan kesimpulan dari pembuatan perangkat lunak propagasi gelombang disertai dengan saran untuk perbaikan dan pengembangan simulasi ini.

### **1.7 Relevansi**

Perangkat ini diharapkan dapat membantu perencanaan sistem komunikasi bergerak yang telah ada sehingga dapat meningkatkan akuarasi dan keandalan sistem.

## **BAB II**

### **TEORI PENUNJANG**

---

#### **2.1 Umum**

Pada lingkungan komunikasi bergerak khususnya daerah perkotaan, pengetahuan tentang fenomena perambatan gelombang radio merupakan dasar utama pengembangan sistem komunikasi bergerak. Mekanisme perambatan ini dapat terjadi di antara medan elektromagnetik dan berbagai obyek. Pada daerah perkotaan mekanisme ini terutama dikarakteristikkan oleh efek multipath karena interaksi antara gelombang dengan gedung - gedung. Oleh karenanya sebuah model perambatan gelombang menjadi penting dan merupakan prasyarat utama untuk mendapatkan desain sistem yang optimum. Telaah model propagasi gelombang untuk pengembangan perangkat lunak perencanaan sistem komunikasi bergerak mutlak diperlukan untuk optimasi sistem yang sudah ada.

Mekanisme propagasi gelombang pada daerah perkotaan identik dengan banyaknya proses pembiasan dan pemantulan akibat ketinggian antena pemancar dan antena penerima yang lebih rendah dari ketinggian rata - rata gedung - gedung yang ada. Daerah perkotaan mempunyai spesifikasi fisik tersendiri dari lebar, panjang maupun ketinggian gedung - gedungnya, dengan ketinggian rata-rata gedung lebih dari 40 meter serta panjang dan lebar gedung lebih dari 30 meter. Kondisi diatas menyebabkan terjadinya pembiasan dan pemantulan pada propagasi gelombang dengan frekwensi kerja diatas 30 Mhz. Jarak sambungan yang dapat ditangani antara stasiun dasar dengan unit bergerak biasanya lebih

kecil dari 24 km sehingga tidak diperlukan perhitungan radio horison. Interferensi sinyal yang datang dari jarak lebih dari 24 km, akan menimbulkan adanya faktor radio horison dan faktor radio path loss yang mengakibatkan keefektifan timbulnya interferensi menjadi meningkat. Dengan adanya data kondisi alam, akan membantu perhitungan besarnya interferensi dan mempermudah untuk perencanaan sistem komunikasi.

Dalam perencanaan komunikasi bergerak dengan jari - jari sel yang cukup besar dari 6.5 sampai 13 km, perlu diperhitungkan ketinggian antena stasiun dasar yang berada pada range 30 sampai 50 m dan ketinggian unit bergerak sekitar dua sampai tiga meter. Sebuah stasiun dasar biasanya dipasangkan pada daerah tanpa halangan bila berkomunikasi dengan unit bergerak yang berada di daerah sekitarnya. Disamping karakteristik - karakteristik diatas, konfigurasi geografis seperti pada daerah perkotaan pada jalur radio juga mempengaruhi perhitungan secara penuh dari path loss propagasinya.

Dari penjelasan diatas dapat dibayangkan bahwa bagian yang bergerak akan banyak menerima gelombang, baik gelombang langsung maupun gelombang akibat pembiasan dan pemantulan. Gelombang akibat pembiasan dan pemantulan diterima bagian yang bergerak dari berbagai sudut penerimaan, relatif mempunyai kuat medan lebih kecil dibanding gelombang yang datang secara langsung. Penjelasan situasi ini dinyatakan dalam model statistik Rician. Uraian diatas memperjelas bahwa komunikasi bergerak (radio mobil) tidak mempunyai parameter yang pasti dalam penentuan kondisi fisiknya, akibatnya pelemahan

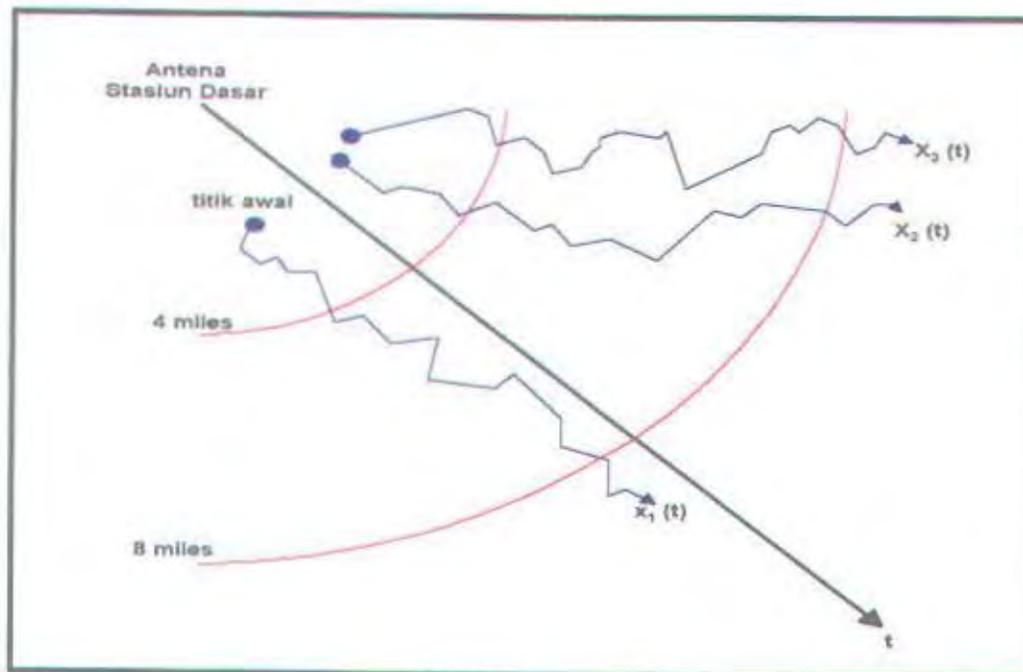
sinyal dan munculnya gelombang tak langsung menjadi bagian yang tak terpisahkan pada semua area liputan.

## **2.2 Lintasan Gelombang Radio dan Perubahan Posisi Penerima Bergerak**

Dalam sistem komunikasi radio, konfigurasi yang tidak beraturan dari kondisi geografis dan beberapa arsitektur gedung serta perumahan penduduk, menyebabkan prakiraan dari redaman propagasi gelombang radio menjadi sangat kompleks. Sinyal yang diterima oleh penerima bergerak juga akan menambah bahan pertimbangan dalam memprakirakan besarnya redaman propagasi pada sistem komunikasi bergerak.

Rata - rata kuat medan yang dikandung pada setiap titik perhitungan dalam suatu area tertentu dapat diperhitungkan dari posisi penerima bergerak yang berjalan sepanjang jalur pergerakannya (mobile path) pada suatu arah sumbu  $x$ . Perhitungan rata- rata kuat medan tersebut didasarkan atas lintasan gelombang radio (radio path) pada jalur  $x'$  diantara stasiun dasar dengan unit yang bergerak, dimana radio path merupakan jalur pancaran sinyal yang dipergunakan dalam berkomunikasi. Dalam menghitung redaman, lintasan yang dipergunakan sepanjang lintasan radio (radio path) bukan berasal dari lintasan perubahan penerima bergerak. Rata -rata kuat medan yang dikandung dihitung berdasarkan rata - rata sinyal yang diterima pada lintasan perubahan posisi unit bergerak yang dikonversikan dengan lintasan pancaran gelombang (radio path).

Karakteristik kuat medan dapat ditunjukkan sebagai fungsi jarak pada domain ruang atau fungsi waktu dalam domain waktu. Seperti diketahui bahwa

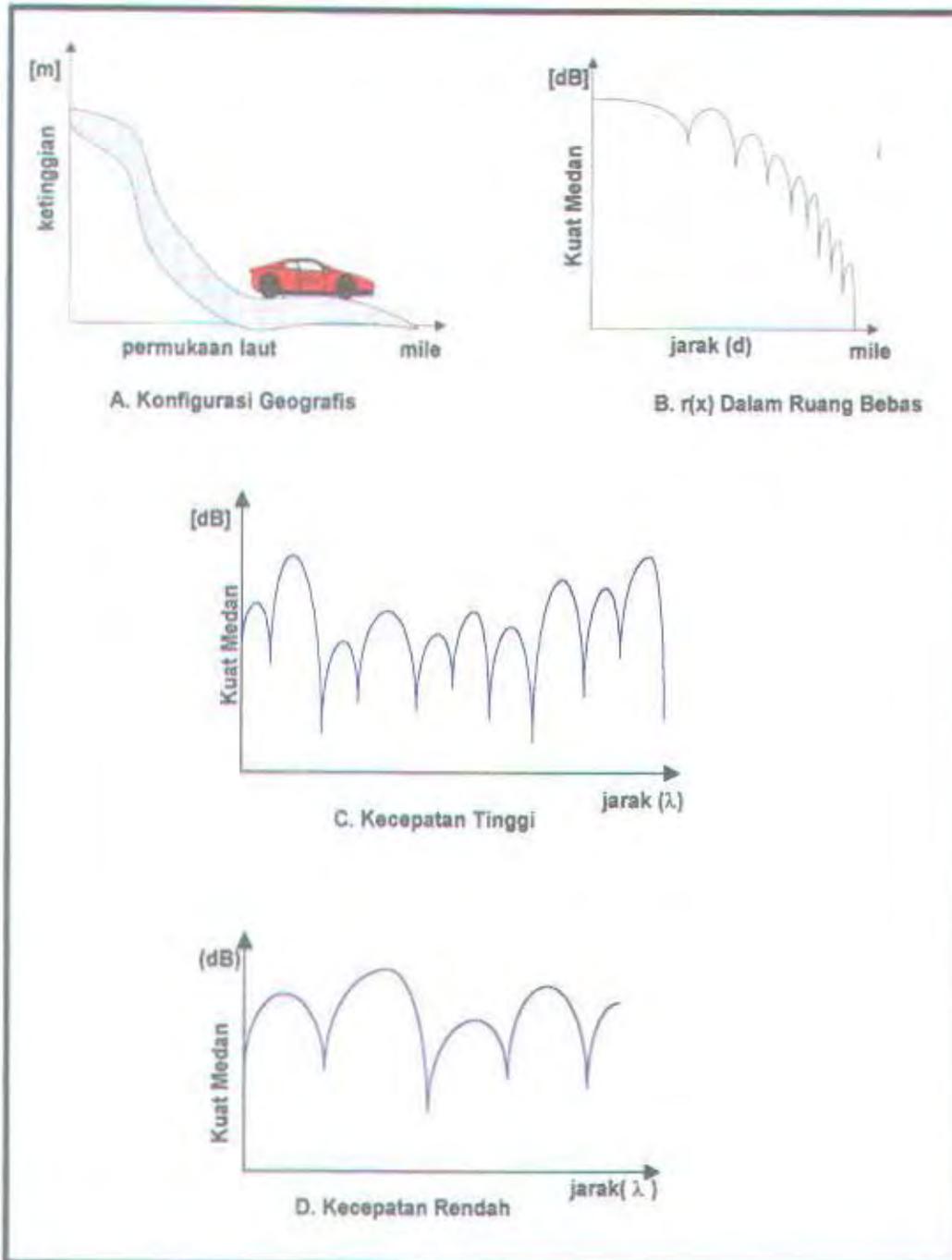
GAMBAR 2.1<sup>1</sup>

### PETA PERGERAKAN UNIT PENERIMA BERGERAK

kecepatan unit bergerak  $v$  juga merupakan faktor penentu hasil pengukuran data kuat medan. Ketika sebuah unit bergerak mempunyai kecepatan konstan  $v$  maka didapat kondisi fungsi waktu  $t = x/v$ , sehingga dari persamaan diatas domain waktu dapat dikonversikan ke dalam domain ruang.

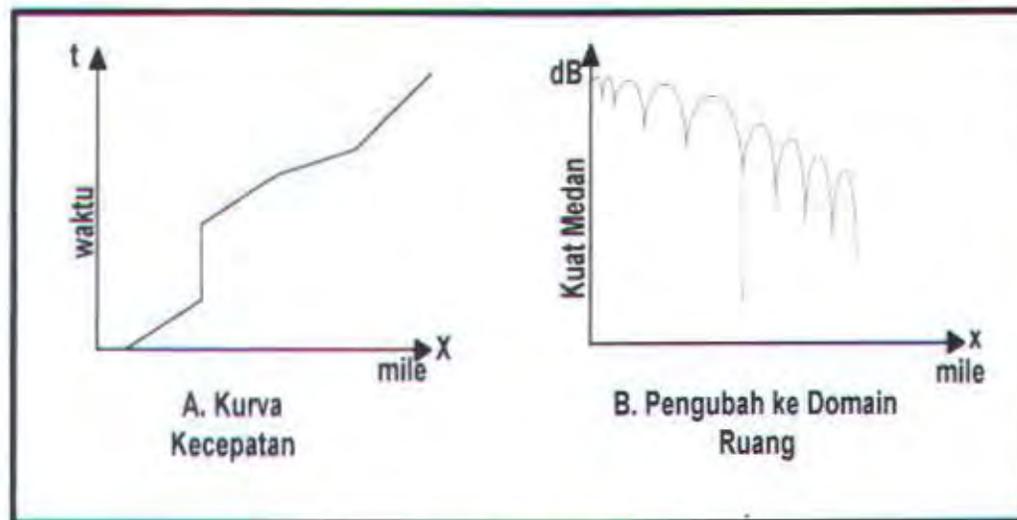
Karakteristik kuat medan  $r_1(t)$  dan  $r_2(t)$  pada kecepatan 48 km/h dan 24 km/h dapat dilihat pada gambar 2.2, disamping itu dapat juga dilihat adanya kondisi  $r_1$  ( fluktuasi level kuat medan yang ditunjukkan pada gambar 2.2 C dan gambar 2.2 D untuk  $t$ ) dan  $r_2(t)$ .

<sup>1</sup> William, C.Y. Lee, Mobile Communication Design Fundamentals, John Wiley & Sons Inc, Canada, 1993, hal 3

GAMBAR 2.2<sup>2</sup>

## KARAKTERISTIK KUAT MEDAN

<sup>2</sup> Ibid, hal 4

GAMBAR 2.3<sup>3</sup>

### KECEPATAN DAN KONVERSI KE DOMAIN RUANG

Bagaimanapun kedua kondisi kecepatan dapat diskalakan pada domain ruang seperti pada gambar yang ada. Pada gambar 2.3 data kecepatan didigitalkan dalam domain waktu yang mempunyai waktu interval yang sama. Kurva kecepatan seperti ditunjukkan pada gambar 2.3 A seluruhnya dikonversikan ke dalam domain ruang seperti pada gambar 2.3 B.

Model lain untuk konversi kuat medan dari domain waktu ke domain ruang diselaraskan dengan mengatur kecepatan unit bergerak, sehingga dengan metoda ini tidak diperlukan adanya proses konversi kecepatan. Kedua penjelasan dari kuat medan  $r(t)$  baik domain ruang maupun domain waktu digunakan untuk mempelajari fenomena sinyal fading dan keberadaan dari sinyal  $r(x)$  dalam domain ruang yang digunakan untuk membangkitkan kurva redaman propagasi.

<sup>3</sup> Ibid, hal 8

### 2.3 Pemodelan Propagasi Gelombang pada Sistem Komunikasi Bergerak

Berpijak dari kompleksnya sistem komunikasi bergerak maka dikembangkan suatu pemodelan propagasi gelombang yang dapat memprakirakan kondisi sinyal, baik jalur sinyal maupun level kuat medannya. Pemecahan permasalahan diatas dilakukan dengan mengembangkan beberapa metoda - metoda yang digunakan dalam memodelkan sinyal propagasi suatu sistem, yang diklasifikasikan dalam tiga cara yaitu : **empirical**, **deterministic** dan **semi-deterministic**. Empirical model terdiri dari diagram data dan perhitungan path loss yang dianalisa secara statistik dalam sejumlah besar pengukuran, tetapi sistem ini membutuhkan instrumentasi handal dan biaya pengukuran yang cukup tinggi. Sedangkan metoda deterministik dan semi-deterministik menggunakan analisa dari teori konsep - konsep propagasi yang diterapkan pada informasi fisik data geografis suatu daerah.

Pemodelan propagasi gelombang pada saat ini telah dikembangkan dengan berbagai sistem sesuai dengan klasifikasi pemodelan diatas. Sistem - sistem tersebut antara lain : Hatta Empirical Model, Walfish-Ikegami Semi-Deterministic Model, Uniform Theory of Diffraction (UTD) deterministic Model. Dari model yang terakhir yaitu UTD merupakan model murni deterministik dengan menerapkan informasi terrain dan melihat pola halangan fisiknya. Sistem inilah yang akan digunakan dalam tugas akhir ini. Untuk dapat menerapkan metoda ini dibutuhkan konsep - konsep propagasi yang baik dan data terrain geografis yang lengkap sehingga perhitungan dapat menghasilkan suatu solusi yang cukup akurat untuk memprakirakan besarnya propagasi dan alur yang diinginkan.

### 2.3.1 Prakiraan Propagasi Gelombang dalam Dimensi Terrain

Pada awal perkembangan teknologi komunikasi dan rekayasa komunikasi radio, pembatasan pemakaian spektrum frekwensi, bandwidth dan daya belum menunjukkan permasalahan penting. Kondisi ini terjadi karena kerapatan pengguna frekwensi masih rendah dan ruang bebas masih cukup mengatasi adanya keberadaan interferensi spektrum gelombang. Padatnya penggunaan frekwensi saat ini menjadikan perencanaan penggunaan spektrum frekwensi harus dilakukan seteliti dan seefisien mungkin.

Untuk meningkatkan efisiensi penggunaan frekwensi ini, dapat diambil suatu cara dengan menggunakan algoritma modern yang mempertimbangkan adanya alokasi frekwensi, polarisasi, modulasi dan coding untuk pelayanan komunikasi. Untuk memecahkan alokasi yang kompleks diperlukan sekali masukkan data geografis yang mempengaruhi pola propagasi gelombang. Untuk mendapatkan pemecahan ini maka dikembangkan metoda akurasi dengan memodelkan propagasi gelombang dan prakiraan kuat medan dari suatu area yang diinginkan.

Seperti diketahui ada beberapa metoda yang digunakan dalam memodelkan propagasi gelombang, yaitu pemodelan dengan deterministik dan non deterministik. Pada pemodelan propagasi gelombang dengan jalan deterministik murni, menganalisa propagasi berdasarkan teori dan sifat - sifat gelombang yang diterapkan pada suatu bank data yang telah dijelaskan pada bagian terdahulu bab ini. Pemodelan dengan sistem deterministik murni ini mempunyai metoda berdasarkan karakteristiknya dibagi dalam beberapa bagian :

1. 3D Digital terrain dengan resolusi tinggi.
2. Model berdasarkan realistik terrain.
3. Berdasarkan kalkulasi propagasi.

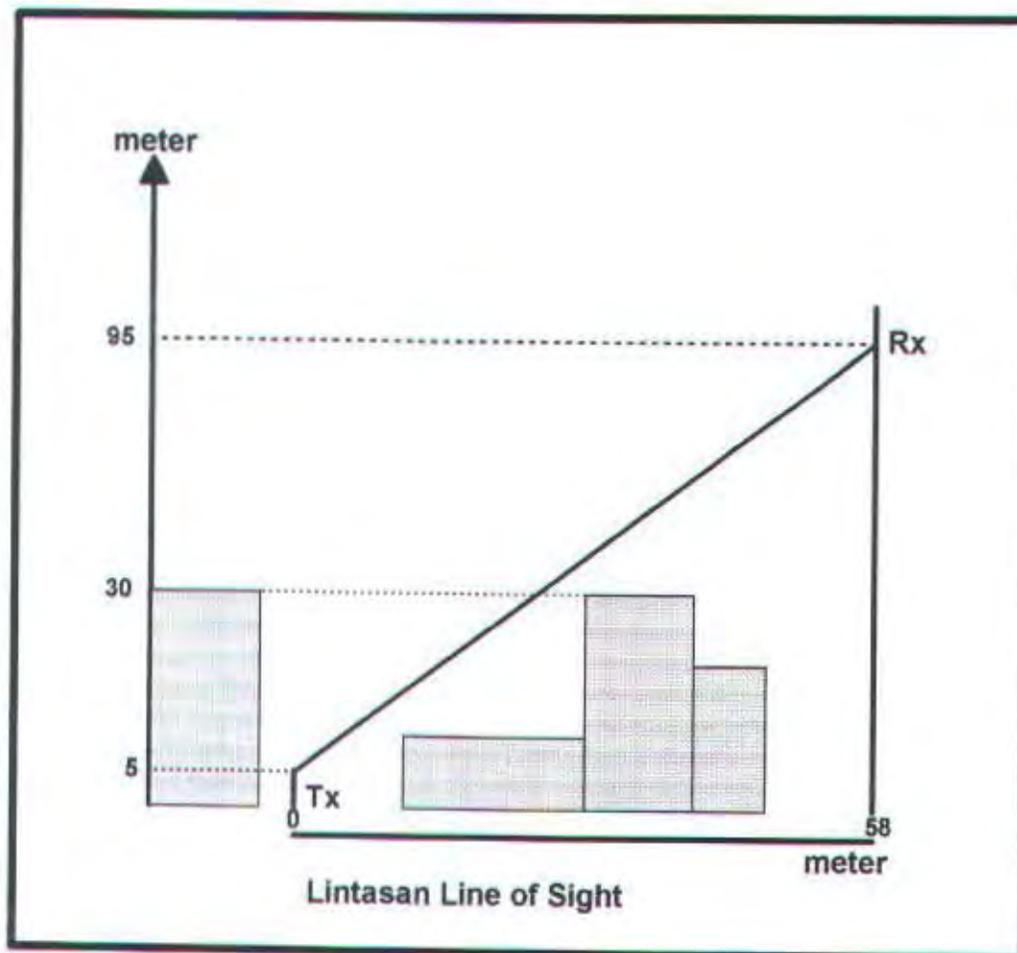
Pada umumnya model terrain yang telah didigitalisasi akan dianalisa jalur propagasinya secara vertikal dan transversal berdasar bidang halangan untuk ditentukan apakah sistem tersebut Line Of Sight (tidak adanya halangan antara titik pemancar dan titik penerima), atau terjadi pembiasan pada jalur propagasinya.

### 2.3.2 Kondisi Tanpa Penghalang

Pada perhitungan kuat medan dalam lintasan free space, tidak ditemukan halangan antara pemancar dan penerima. Perhitungan kuat medan pada titik penerima bergantung pada jarak lintasan antara pemancar dan penerima, sehingga redaman yang diperhitungkan hanya mengacu pada panjang lintasannya saja. Pada kenyatannya kondisi free space pada sistem komunikasi bergerak di daerah urban sangatlah sulit dicapai karena kondisi fisik gedung-gedung yang relatif tinggi dan padat menyebabkan sinyal tidak dapat ditangkap secara langsung oleh penerima.

Data-data dan formulasi perhitungan yang berlaku adalah sbb:

1.  $E_0$  = Kuat medan di titik pemancar, satuan [ $Volt/meter$ ]
2.  $S$  = Panjang lintasan antara titik pemancar ke titik penerima, satuan lamda.
3.  $f_0$  = Besarnya frekwensi kerja pemancar (Tx), satuan [ Hertz ]
4.  $V_0$  = Besarnya kecepatan penerima bergerak, satuan [ $meter/detik$ ]



Gambar.2.4  
Lintasan Gelombang Free Space

### 2.3.3 Kondisi Dengan Penghalang

Kondisi geografis dan arsitektur bangunan yang beragam menyebabkan tersebarnya sinyal yang dikirim dari suatu pemancar ke penerima bergerak. Halangan yang terdapat diantara pemancar dan penerima, baik itu halangan berupa gedung, perumahan maupun akibat ketidakteraturan kondisi permukaan tanah suatu area, mengakibatkan munculnya beberapa fenomena fading. Mengacu pada kondisi diatas, pembiasan suatu gelombang radio frekwensi tinggi sangat

mungkin terjadi di daerah urban dimana kondisi fisik gedung dan perumahan menjadi penghalang utama jalanya sinyal propagasi gelombang. Pada tugas akhir ini dibahas secara khusus efek - efek pembiasan pada propagasi gelombang radio yang mengakibatkan terjadinya redaman difraksi dan akan berpengaruh pada penerimaan level kuat medan di suatu titik tertentu.

### **2.3.3.1 Pembiasan Gelombang**

Pembiasan pada propagasi gelombang radio terjadi akibat terhalangnya sinyal terkirim oleh suatu halangan, dalam tugas akhir ini diasumsikan semua halangan adalah gedung - gedung sebagai konduktor sempurna, didasarkan pada asumsi secara umum bahwa luasan permukaan dari halangan bidang dari titik terdifraksi mempunyai ukuran jauh lebih besar dari panjang gelombang propagasinya. Propagasi gelombang yang sifatnya menyebar adalah sama dengan sifat penyebaran sinar atau cahaya. Penyebaran sinar akan mengalami beberapa kondisi diantaranya pembiasan dan pemantulan Pada kasus propagasi gelombang radio untuk sistem komunikasi bergerak diasumsikan sifat gelombang mempunyai karakteristik yang sama dengan sifat penyebaran cahaya. Salah satu sifat yang digunakan dalam perhitungan kuat medan adalah munculnya pembiasan gelombang karena pengaruh kondisi geografis suatu area. Pembiasan gelombang akan berpengaruh terhadap terjadinya redaman propagasi di setiap titik yang dilaluinya. Prinsip pembiasan gelombang dapat diasumsikan sebagai pola pembiasan sinar pada suatu medium yang sama (udara). Gambar 2.5 menjelaskan fenomena difraksi yang terjadi akibat terhalangnya sinyal dari suatu titik ke titik

lain. Pembiasan gelombang pada daerah urban, dimana perbandingan antara ukuran dari luasan bidang titik terdifraksi dengan panjang gelombang sangat besar, mempunyai redaman yang sulit untuk dihitung secara akurat akibat beragamnya bentuk fisik terrain yang tidak teratur. Pendekatan yang digunakan dalam perhitungan redaman pembiasan salah satunya dengan mengasumsikan bahwa terjadinya pembiasan disebabkan halangan tunggal seperti gedung - gedung dan menara.

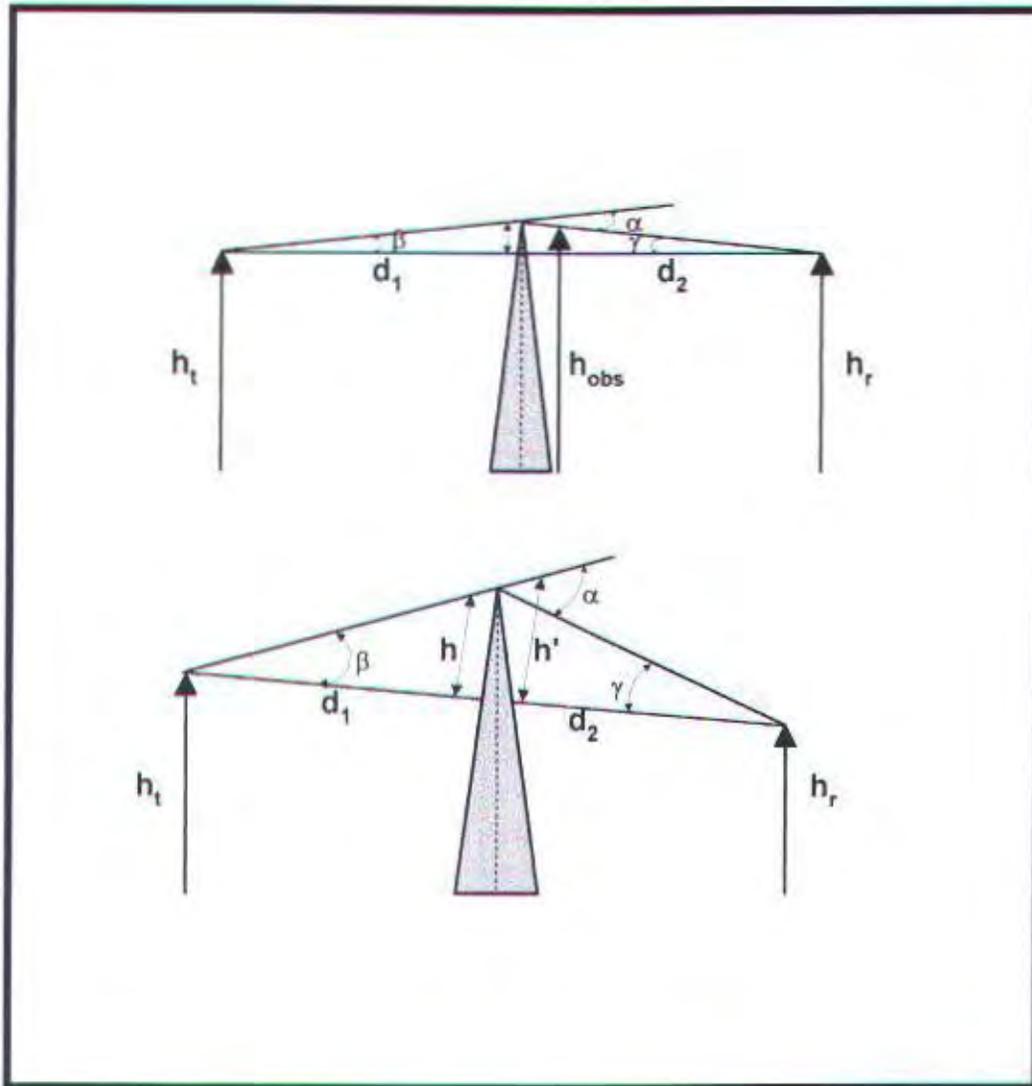
#### 2.3.3.1.1 Freznel Diffraction Model

Dalam Freznel Diffraction Model diasumsikan lokasi pemancar dan penerima terpisah pada ruang bebas dengan penghalang terletak diantara keduanya. Ketinggian efektif halangan dinotasikan sebagai  $h$  yang merupakan selisih antara panjang halangan terukur dari permukaan tanah (hob) dengan panjang antara titik potong antara garis pemancar dan penerima dengan permukaan tanah ( $hr$ ) dan jarak antara titik pemancar dan titik halangan dinotasikan sebagai  $d_1$ , jarak antara titik penerima dengan titik halangan dinotasikan sebagai  $d_2$ . Parameter difraksi Freznel Kirchoff dinotasikan sebagai  $v$

dengan persamaan sebagai berikut :  $\alpha \approx h \left\{ \frac{d_1 + d_2}{d_1 d_2} \right\}$

$$v = \alpha \times \sqrt{\frac{2d_1 d_2}{\lambda(d_1 + d_2)}} \quad (2.1)^4$$

<sup>4</sup> Theodore S. Rappaport, Wireless Communication Principle & Practice, Prentice Hall PTR, Upper Sadle River New Jersey, 1996, hal 91

GAMBAR 2.5<sup>5</sup>

## STRUKTUR HALANGAN TUNGGAL

[A] Tx dan Rx Sama Tinggi

[B] Tx dan Rx Berbeda Tinggi

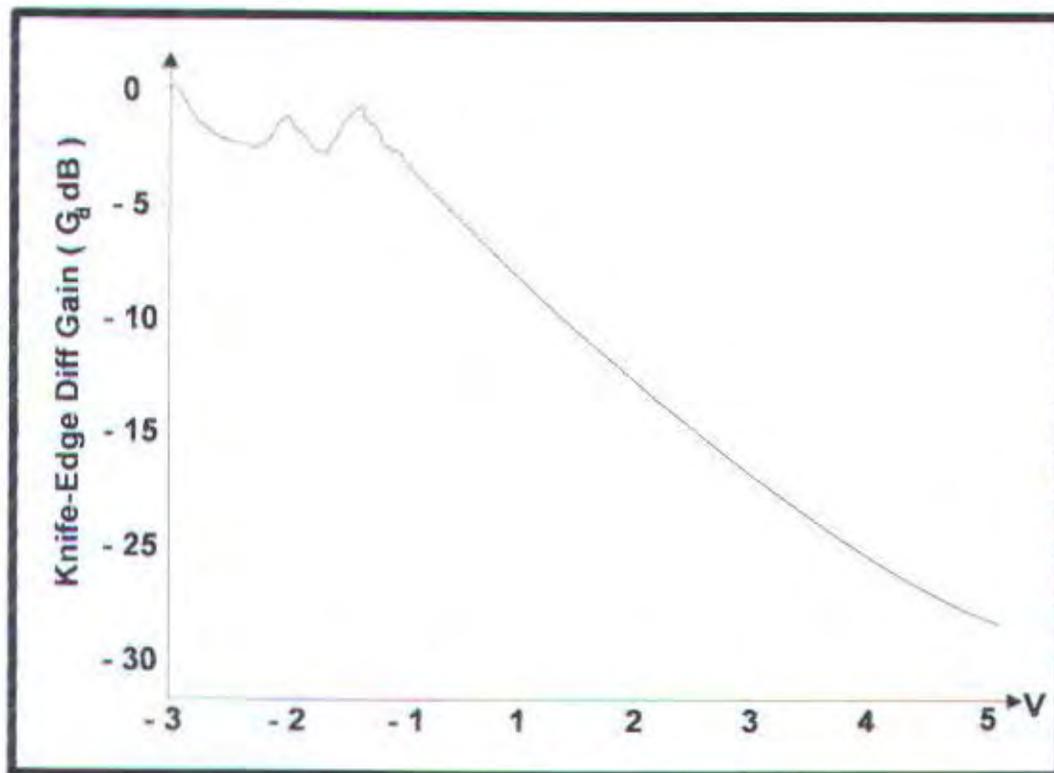
besarnya kuat medan di titik terdifraksi dibandingkan dengan kuat medan pemancar, oleh Fresnel ditentukan :

<sup>5</sup> ibid, hal 92

$$\frac{E_d}{E_0} = F(V) = \frac{(1+j)}{2} * \int_0^{\infty} \exp((-j\pi t^2)/2) dt \quad (2.2)^6$$

dan gain difraksi berbanding dengan kuat medan pemancar :

$$G_d(\text{dB}) = 20 \text{ Log } |F(V)| \quad (2.2A)^7$$



GAMBAR 2.6<sup>8</sup>

### PARAMETER DIFRAKSI FREZNEL

Oleh Lee perhitungan gain redaman difraksi disederhanakan dengan pendekatan

sbb :

$$G_d(\text{dB}) = 0$$

$$v \leq -1$$

<sup>6</sup> Ibid, hal 95

<sup>7</sup> Ibid, hal 96

<sup>8</sup> Ibid, hal 97

$$G_d(\text{dB}) = 20 \log ( 0.5 - 0.62 \times v ) \quad -1 \leq v \leq 0$$

$$G_d(\text{dB}) = 20 \log ( 0.5 \exp(-0.95 \times v) ) \quad 0 \leq v \leq 1$$

$$G_d(\text{dB}) = 20 \log ( 0.4 - \sqrt{(0.1184 - (0.38 - 0.1 \times v) )} ) \quad 1 \leq v \leq 2.4$$

$$G_d(\text{dB}) = 20 \log \left\{ \frac{0.225}{v} \right\} \quad v \geq 2.4$$

### 2.3.3.1.2 Teori Pembiasan Seragam ( UTD )

Pada perhitungan gain redaman difraksi dengan teori pembiasan Freznel terdapat kesulitan jika terrain yang diperhitungkan berupa gedung - gedung bertingkat, yang mempunyai titik pembiasan merambat dengan panjang tertentu. Digunakan metoda yang lebih valid yang dapat digunakan untuk perhitungan redaman difraksi untuk berbagai bidang permukaan titik terdifraksi.

Teori pembiasan seragam yang selanjutnya disebutkan sebagai UTD, dikembangkan oleh Kouyoumijan dan Pethak dari Universitas Ohio dengan mempresentasikan gelombang sinyal sebagai lintasan cahaya yang merambat di ruang bebas. Lintasan difraksi ternotasikan sebagai lintasan datang pada bidang dan membuat sudut dengan titik pada bidang terdifraksi, dinotasikan sbagai  $\beta_o'$ , akan mempunyai sudut yang sama dengan sudut yang terbentuk antara lintasan pergi dengan sisi bidang yang berlawanan dari bidang terdifraksi, dinotasikan  $\beta_o$ .

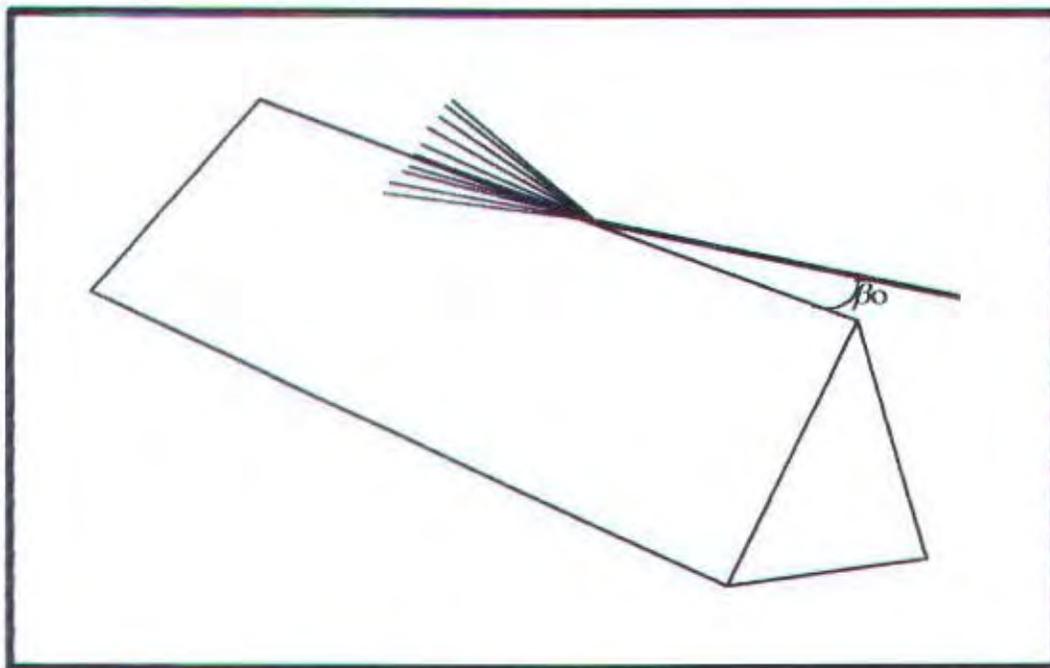
Dalam perhitungan kuat medan pada titik terdifraksi, UTD memberikan persamaan umum sbb:

$$E^d[s] = E^i [Q_e] \times D \times A[s] \times e^{(-jks)} \quad (2.3)^9, \text{ dimana}$$

$E^d[s]$  = Kuat medan pada titik terdifraksi ke-n.

$E^i [Q_e]$  = Kuat medan pada titik pengamatan sebelumnya.

Bidang terdifraksi digambarkan pada gambar di bawah ini :



GAMBAR 2.7 <sup>10</sup>

#### ILUSTRASI HUKUM PEMBIASAN CAHAYA

D = Koefisien difraksi.

$$\lambda = \frac{f_d}{c}, \text{ dengan } f_d = f_0 + \frac{V}{\lambda} \times \text{Cos}[\theta], \quad k = \frac{2\pi}{\lambda},$$

<sup>9</sup> D.A McNamara, C.W.I. Pistorius, J.A.G. Malherbe, Introduction To The Uniform Geometrical Theory of Diffraction, Artech House, London, 1990, hal 168

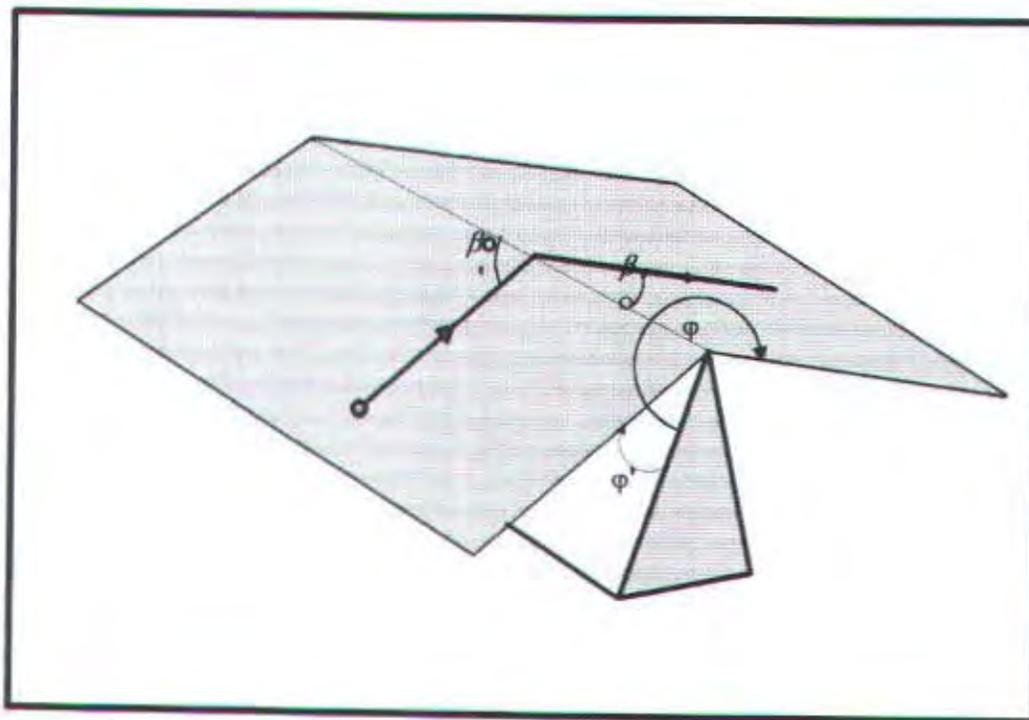
<sup>10</sup> Ibid, hal 156

$$A[s] = \text{Spreading factor} : = \sqrt{\frac{s_{(n-1)}}{s_{(n)}[s_{(n-1)} + s_{(n)}]}} , \text{ dengan } n : \text{ titik bias ke-}n.$$

Pada bab selanjutnya akan dibahas perhitungan kuat medan pada suatu titik terdifraksi dengan metode UTD secara lebih mendetail.

### 2.3.4 Pemanfaatan Bank Data dalam Pemodelan Propagasi

Pengetahuan akan struktur terrain dari jalur pancaran gelombang untuk



Gambar 2.8 <sup>11</sup>

Pembiasan pada Bidang Melengkung

<sup>11</sup> Manfred Lebhaerz, A Versatile Wave Propagation Model for The UHF/VHF Considering 3-D Terrain, IEEE Jurnal Vol 40 No 10, Oktober 1992, hal 1122

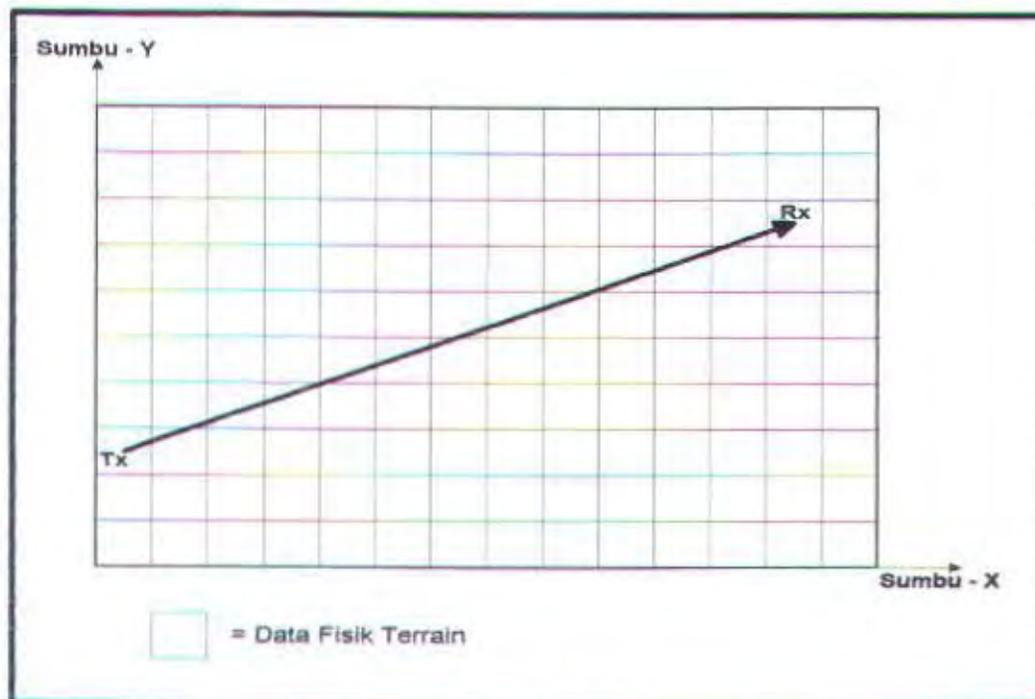
menghitung sifat dari sistem sangat diperlukan, sehingga dapat dibuat prakiraan kuat medan yang menyeluruh melingkupi seluruh permukaan yang dilalui oleh hamburan gelombang.

Jalan yang ditempuh untuk mendapatkan hal diatas adalah dengan menggunakan bank data topografi. Dari bank data dapat dilakukan konversi penampilan analog peta morfologis menjadi bentuk digital yang dapat diproses dalam komputer, dimana struktur data yang didigitalisasi melalui garis-garis pelacakan dari peta topografis yang ada. Dari data topografi akan didapat informasi fisik suatu daerah secara tiga dimensi meliputi panjang, lebar dan ketinggian gedung yang akan disimpan dalam memori dari tiap titik yang akan diklasifikasikan posisi gedung dan ketinggiannya.

Setelah didapat kondisi digital data terrain yang akan diperhitungkan dengan bentuk matriks dari konfigurasi yang ada, maka dapat dianalisa kondisi - kondisi terrain yang perlu dalam proses perhitungan kuat medan. Kondisi - kondisi yang dimaksud adalah adanya lokasi yang terproses dan lokasi yang diabaikan, dianalisa dari alur propagasi vertikal dan transversal, dimana lokasi yang terproses adalah merupakan data gedung - gedung yang menyebabkan proses pembiasan gelombang sehingga sinyal akan membelok ke arah titik tertentu dalam lintasannya menuju ke titik penerima. Dalam proses penerapan dari pemanfaatan bank data adalah dengan melakukan proses pengambilan secara berurutan dari data lokasi digital yang telah tersimpan dalam memori dimana setiap titik koordinat telah diberi alamat tersendiri, atau dikenal sebagai proses tracing.

Pada proses tracing ini diambil referensi titik pancar dan titik terima dan dari keduanya akan ditarik garis, direferensikan sebagai sumbu utama, dari tiap-tiap titik yang terlewati sumbu utama ini akan diidentifikasi ketinggian dan jaraknya yang menentukan posisi titik pembiasan yang terjadi.

Dari hasil proses tracing terhadap keseluruhan titik, didapatkan pola terrain halangan vertikal dan terrain halangan transversal seperti terlihat pada gambar 2.10 dan gambar 2.11. Pola terrain yang terbentuk selanjutnya akan diidentifikasi keberadaannya terhadap sumbu utama dan akan membentuk pola propagasi tertentu yang akan dihitung level kuat medannya.



GAMBAR 2.9<sup>12</sup>

### PROSES TRACING PROFILE

<sup>12</sup> Wolfgang Krank, *Ergebnisse*, Universitat Karlsruhe, 1992, hal 45

### 2.3.5 Propagasi Sepanjang Profile Pemancar dan Penerima

Dalam perhitungan level kuat medan dari titik - titik antara pemancar dan penerima, setelah pola terrain dikonfigurasi dalam bidang vertikal dan bidang transversal, akan diperhitungkan berdasarkan sifat - sifat pancaran cahaya pada suatu permukaan dielektrik. Untuk pola terrain datar, dimana antara titik pemancar dan titik terima tidak ditemukan penghalang atau sistem LOS, maka akan diperhitungkan dengan analisa :

$$E_R = \frac{E_0}{S_0} * e^{(-jkS_0)} \quad (2.4)^{13}, \text{ dimana}$$

$E_R$  = Besar kuat medan di titik penerima.

$E_0$  = Besar kuat medan yang dipancarkan.

$S_0$  = Panjang lintasan antara titik pancar dan titik terima.

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}, \text{ dan } \lambda = \frac{f_d}{c}, \text{ dengan } f_d = f_0 + \frac{V}{\lambda} * \text{Cos}[\theta]$$

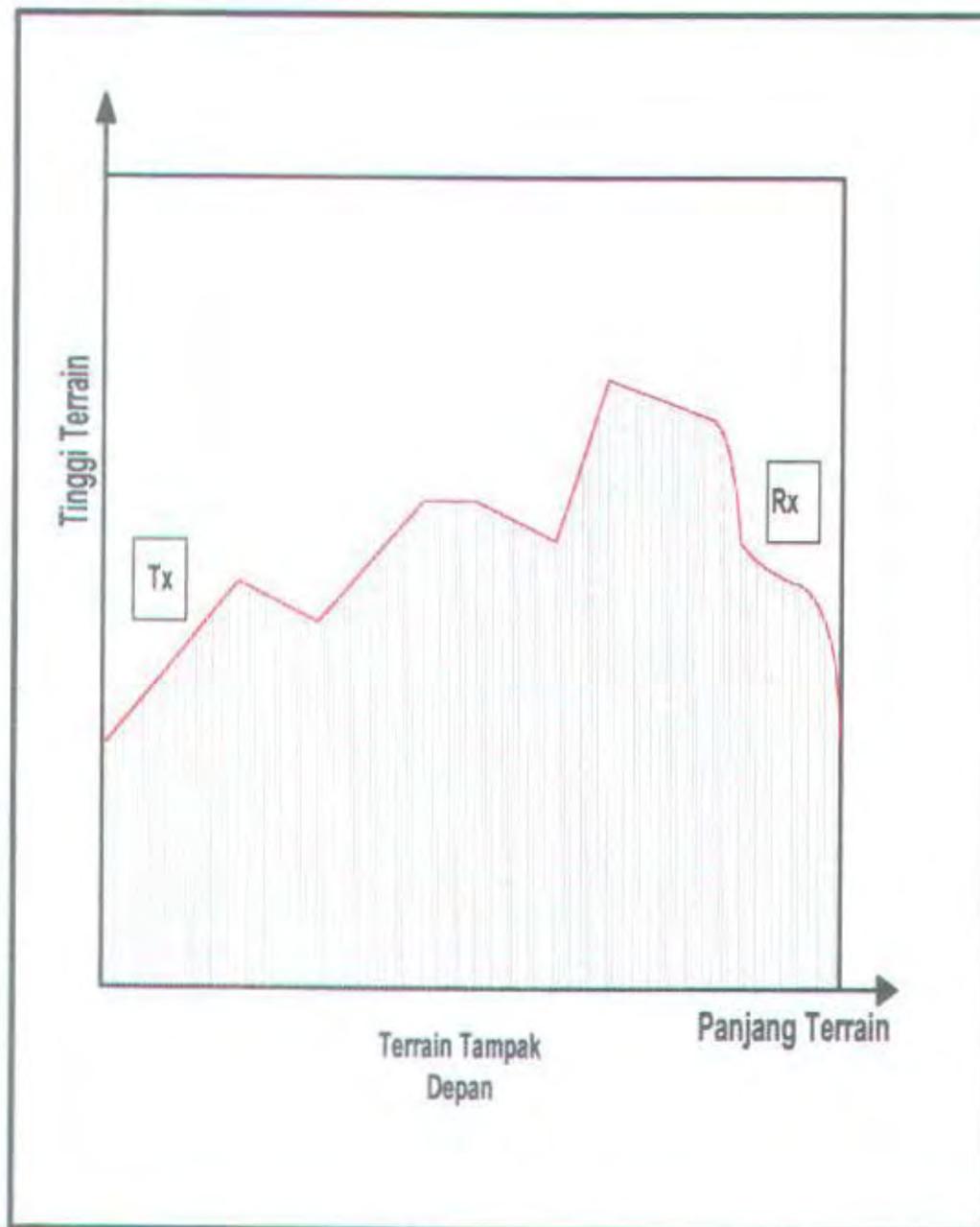
$\theta$  = Sudut yang terbentuk antara titik penerima dengan datangnya gelombang.

$V$  = Kecepatan penerima (+/-) terhadap arah datangnya gelombang.

$c$  = Kecepatan cahaya,  $3E8 \text{ meter/detik}$ .

Perhitungan diatas memanfaatkan asumsi trayektori gelombang pada dielektrik yang homogen dan sempurna yang memanfaatkan hukum phisical optic

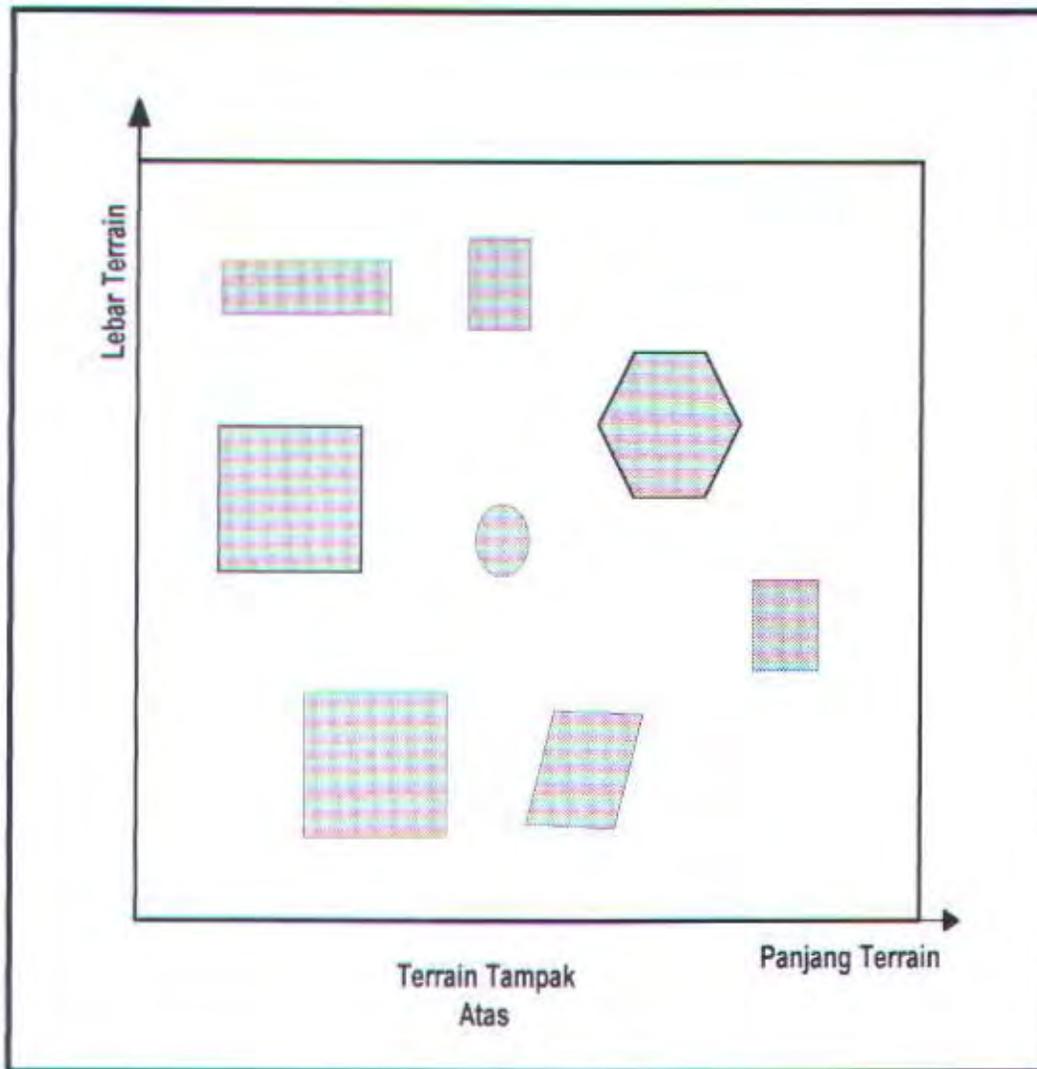
<sup>13</sup> D.A McNamara, C.W.I. Pistorius, J.A.G. Malherbe, op.cit, hal 172



GAMBAR 2.10<sup>14</sup>

POLA PROFILE VERTIKAL

<sup>14</sup> Wolfgang Krank, *op.cit.*, hal 78



GAMBAR 2.11 <sup>15</sup>

### POLA PROFILE TRANSVERSAL

Pada umumnya perhitungan tingkat kuat medan pada pola terrain dengan halangan, menimbulkan titik pembiasan pada alur propagasinya, dianalisa dengan mengamati datangnya sinyal dari segala arah yang menuju ke titik tersebut. Masing - masing kuat medan yang diterima pada tiap titik - titik pembiasan

<sup>15</sup> Ibid, hal 79

menjadi resultan dari kuat medan yang diterima di titik penerima. Pada titik pertama terjadinya pembiasan, proses perhitungan kuat medan pada titik tersebut dilakukan dalam bentuk yang identik dengan sistem LOS, dimana jarak antara titik pemancar dengan titik bias ke-1 dinotasikan sebagai  $[ S_1 ]$ , sedangkan untuk titik bias ke-2 dan seterusnya, perhitungan besarnya kuat medan harus dilakukan melalui proses pembiasan dimana koefisien difraksi tiap titik pembiasan akan berpengaruh terhadap besarnya tingkat kuat medan yang diterima di titik tersebut. Untuk menganalisa kondisi ini digunakan metoda perhitungan kuat medan *Uniform Theory Of Diffraction ( UTD )*. Teori UTD ini banyak dikembangkan untuk membahas pola propagasi dan perhitungan kuat medannya pada bidang halangan vertikal dan transversal antara pemancar ke penerima. Pada sub bab sebelumnya telah dibahas secara khusus pola pembiasan gelombang dengan metoda UTD.

Kondisi alam dan terrain yang ada berdasarkan informasi dari bank data topographi yang didigitalkan dalam suatu resolusi pixel, dimana setiap pixel mewakili suatu luasan tertentu dalam data digital yang telah dibuat melalui proses tracing. Hasil total kuat medan yang diterima di titik penerima adalah :

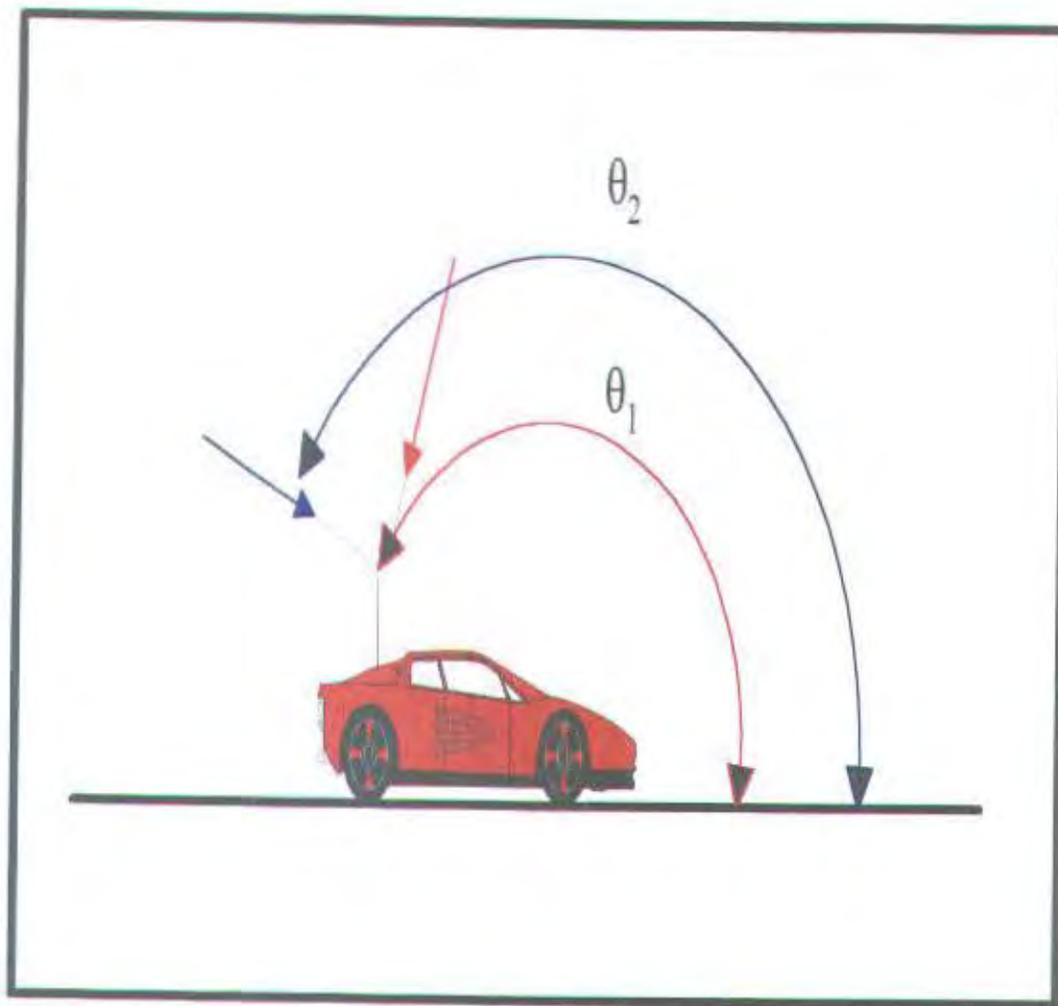
$$E_R = E_0 + E_1 + E_2 + \dots + E_n, \text{ dimana}$$

$$E_0 = \text{Kuat medan di titik pemancar.}$$

$$E_R = \text{Kuat medan di titik penerima}$$

$$E_1, E_2 = \text{Kuat medan di titik bias ke-1 dan titik bias ke-2.}$$

$$E_n = \text{Kuat medan di titik bias ke-n.}$$



GAMBAR 2.12

**GELOMBANG DATANG DENGAN SUDUT BERBEDA****2.3.6 Karakteristik Terrain**

Pada perhitungan kuat medan kondisi terrain antara pemancar dan penerima dari model propagasi yang telah diuraikan sebelumnya, dibutuhkan adanya data base data terrain yang cukup memadai. Bank data terrain harus mempunyai resolusi yang tinggi untuk dapat dianalisa sedetail mungkin, dengan



**GAMBAR 2.13**

**PROFILE LINTASAN GELOMBANG SECARA TIGA DIMENSI**

kata lain dimensi data harus mampu menjangkau semua kondisi dari terrain yang ada. Pada umumnya penggunaan data terrain ini menggunakan ukuran 10 x 10 meter persegi untuk mewakili satu pixel data terrain digital.

Karakteristik terrain pada daerah urban cenderung mempunyai keseragaman bentuk fisiknya. Pada tugas akhir ini diasumsikan bentuk fisik bangunan pada area yang akan dideteksi berupa kubus. Pancaran gelombang yang

melalui gedung - gedung yang terdapat antara titik pemancar dan penerima akan mengalami beberapa proses perhitungan.

Untuk menghitung propagasi dengan menggunakan UTD dari jalur pancaran gelombang, maka halangan dalam profile terrain ditunjukkan dalam obyek geometri yang sederhana. Pendekatan yang nyata dari halangan terrain ditentukan berdasarkan kondisi wedge tunggal dan wedge ganda. Untuk daerah urban dengan kondisi struktural banyak menyerupai kubus - kubus maka perhitungan propagasi banyak ditekankan pada kondisi wedge ganda yang pada dasarnya adalah merupakan dua wedge tunggal yang menyatu dengan lebar  $d$ , dengan asumsi untuk keseluruhan dari terrain yang ada, halangan adalah media konduktor yang sempurna.

Setelah didapatkan informasi dari data terrain hasil tracing bidang vertikal dan bidang transversal maka ditentukan struktur bangunan - bangunan yang dominan terhadap perhitungan kuat medan akibat redaman difraksi yang terjadi. Pada bab selanjutnya akan dibahas perhitungan pada tiap titik redaman difraksi pada bidang vertikal, bidang transversal kiri dan transversal kanan.

## BAB III

### PROSES PEMBUATAN PROGRAM

---

#### 3.1 Umum

Kerjasama bidang telekomunikasi dan bidang komputasi membantu mempercepat proses perencanaan sistem komunikasi dengan hasil yang efisien dan akurat. Dalam kaitannya dengan hal tersebut, disusun suatu perangkat lunak yang mampu menerapkan metode pemodelan alur propagasi gelombang berdasarkan metode deterministik murni. Dalam pemodelan tersebut diarahkan untuk mendapatkan metode perhitungan level kuat medan dari tiap-tiap titik dominan secara parsial dari data lokasi yang telah ditentukan maupun level kuat medan pada titik penerima akhir sehingga dapat terbentuk suatu peta kuat medan dari suatu daerah.

Dalam perhitungan kuat medan digunakan konsep *Uniform Theory of Diffraction (UTD)*, dimana analisa perhitungan tiap titik-titik dominan didasarkan pada proses pembiasan gelombang dan proses secara langsung (*Line Of Sight*), dari suatu titik pemancar ke titik penerimaan. Disamping perhitungan level kuat medan ditentukan juga perhitungan perbedaan phase antara beberapa alur propagasi dan perhitungan *delay time* yang terjadi.

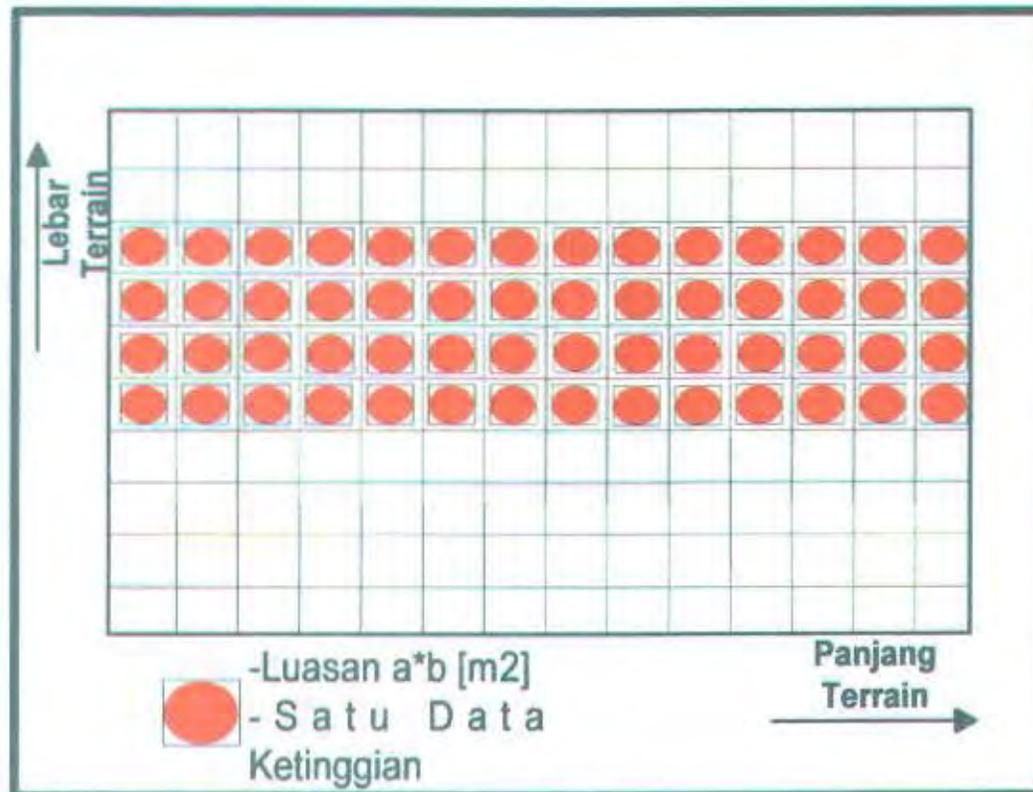
#### 3.2 Konversi Data Fisik Terrain ke Memori

Dalam proses pembuatan perangkat lunak simulasi propagasi gelombang secara tiga dimensi ini, ditentukan terlebih dahulu luasan maket suatu lokasi yang

akan diteliti dengan membuat data-data fisik dari lokasi tersebut. Dalam daerah urban, dimana populasi bangunan dominan, ditentukan letak suatu bangunan (gedung) dengan spesifikasi fisik data bangunan adalah panjang gedung, lebar gedung dan tinggi gedung pada suatu sistem koordinat tiga dimensi, sumbu-x; sumbu y; sumbu-z. Spesifikasi data-data fisik dari bangunan akan dibentuk menjadi data matrik lokasi yang akan menyatakan informasi geografis dari suatu daerah yang akan diteliti.

Propagasi gelombang secara tiga dimensi yaitu dari arah vertikal, transversal sisi kiri dan transversal sisi kanan, selanjutnya akan dipilah menjadi dua alur propagasi utama saja, arah vertikal dan arah transversal. Pembagian alur propagasi ini penting untuk mempermudah proses perhitungan selanjutnya. Untuk merealisasikan hal ini, dibentuk suatu matrik dua dimensi yang menyatakan suatu area dengan setiap titik pada area tersebut sebagai luasan tersendiri seperti pada gambar 3.1. Dalam kenyataannya setiap luasan dari matrik tersebut, memiliki tiga informasi sekaligus yaitu data ketinggian, data panjang gedung dan data lebar gedung.

Data-data matrik pada gambar 3.1 akan disimpan dalam memori secara berurutan mulai koordinat  $(1,1,1)$  sebagai data awal memori berlanjut sampai lokasi matrik  $(x\_maksimum; y\_maksimum, z\_maksimum)$  dan setiap lokasi matrik  $(x;y)$  selalu menyimpan juga data ketinggian gedungnya. Penyimpanan data - data koordinat dari komponen fisik pendukung maket kota selanjutnya akan disimpan pada adress khusus untuk setiap titiknya.

GAMBAR 3.1<sup>16</sup>

### DATA STRUKTUR LOKASI POLA MATRIKS

Data-data yang tersimpan dalam sebuah byte memori merupakan data lokasi sebuah titik (x;y) dan data ketinggian (z) di tiap titik tersebut, sehingga dalam suatu proses penyimpanan, secara langsung disimpan dalam satu struktur data sebagai berikut :

```
pdatarelay = ^reccdatarelay;
```

```
reccdatarelay = record
```

```
    titik      : koordinat_dunia;
```

<sup>16</sup> Thomas Kiiner, Concepts and Results for 3D Digital Terrain-Based Wave Propagation Models: An Overview, IEEE Jomal Vol 11 No 7, 1991, hal 1005

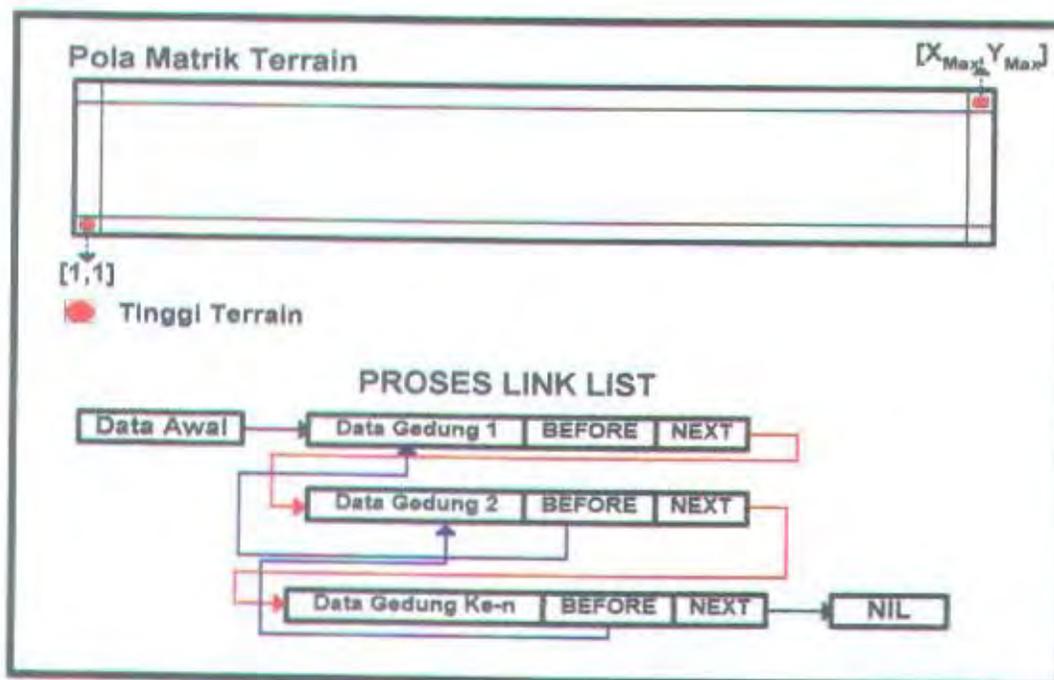
```

segedung : boolean;
next,before : pdatarelay;

```

end;

dengan demikian telah terbentuk data struktur lokasi dari suatu maket yang dapat dengan mudah diambil informasinya sesuai dengan format yang diberikan dalam struktur lokasi.



GAMBAR 3.2 <sup>2</sup>

### KONVERSI DATA MATRIKS KE MEMORI

Proses penyimpanan data pada tiap titik koordinat dilakukan melalui proses link list. Pola link list mempunyai keuntungan dalam proses penyimpanan

<sup>2</sup> Xavier Pacheco & Steve Teixeira, *Delphi Developer's Guide*, Borland Press, 1996, hal 493

data dalam jumlah yang besar karena keefisiennannya dalam penggunaan memori dibanding dengan array. Secara sederhana bisa kita gambarkan konversi data matriks dari struktur lokasi suatu daerah ke pola memori seperti pada gambar 3.2. Perangkat lunak akan menyediakan sejumlah alamat yang akan digunakan dalam penyimpanan data koordinat tiap bangunan fisik suatu terrain termasuk penempatan data - data tersebut ke suatu alamat yang dituju (pointer memori). Setiap data fisik gedung/bangunan akan tersimpan dalam satu link list yang berisi informasi data koordinat awal dan data koordinat akhir dalam suatu alamat tertentu yang pengurutannya dilakukan komputer. Dalam proses ini kita hanya memerlukan penandaan awal suatu proses penyimpanan data dan akhir prosesnya. Dalam proses pemanggilan kembali informasi data gedung suatu terrain yang telah di konversikan ke memori, dilakukan proses looping dari mulai link list gedung awal sampai link list gedung akhir.

### 3.3 Spesifikasi Pembuatan Data Terrain

Data terrain adalah file yang berisi data fisik geografis yang menjadi daerah liputan sistem yang ada. Data fisik suatu terrain terdiri dari :

- Data luas area yang akan diteliti dibatasi maksimum berukuran 1000 × 1000 meter.
- Data komponen pembuat maket lokasi terdiri atas :
  - Informasi koordinat gedung
  - Informasi koordinat pemancar
  - Informasi koordinat penerima

- Informasi daya pemancar
- Informasi kecepatan penerima
- Informasi frekwensi kerja sistem komunikasi

Data fisik terrain tersebut tersusun secara tiga dimensi pada tiap titiknya yang tersimpan pada alamat tertentu di memori melalui proses link list. Data fisik tersebut digunakan untuk perhitungan alur propagasi pada arah vertikal dan transversal terhadap bidang terrain. Dengan menentukan titik pancar dan titik terima pada terrain maka didapatkan alur propagasi utama sepanjang terrain yang diamati.

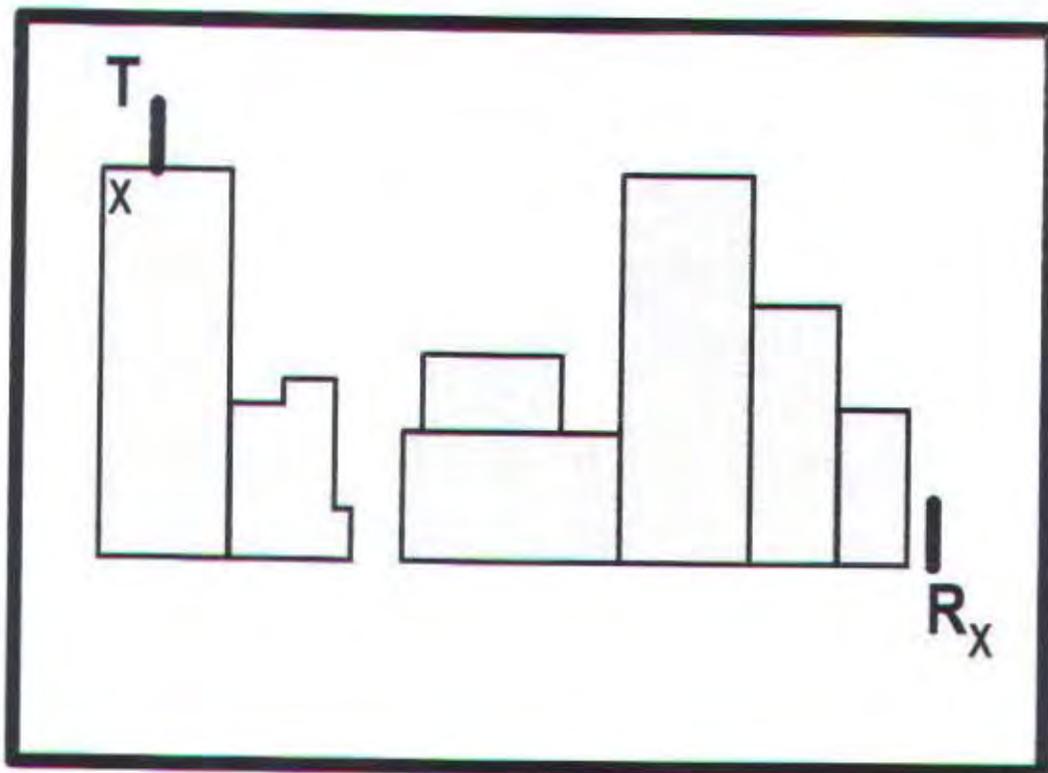
Untuk membuat data terrain tiga dimensi dibagi menjadi dua perhitungan utama, yaitu :

- Perhitungan propagasi arah vertikal.
- Perhitungan propagasi arah transversal yang terbagi menjadi arah kiri dan kanan.

Perhitungan propagasi arah vertikal dilakukan dengan mengambil data fisik koordinat sumbu-x dan koordinat sumbu-z. Koordinat sumbu-x diasumsikan sebagai panjang terrain yang diamati dan koordinat sumbu-z sebagai ketinggian data - data fisik terrain. Sedangkan untuk perhitungan arah transversal dengan menggunakan sumbu x dan y suatu terrain dengan asumsi sumbu-x sebagai panjang terrain dan lebar gedung (sumbu-y) dianggap sebagai ketinggian terrain. Dalam perhitungan transversal juga diperhitungkan lintasan gelombang yang menabrak suatu halangan (non LOS) atau yang bersifat LOS.



Pola vertikal terrain didapatkan dengan menarik garis dari titik lokasi pemancar ke titik penerima dan mendeteksi lokasi dan ketinggian dari titik - titik yang terdapat pada garis sumbu utama sebagai fungsi jarak dan tinggi seperti pada gambar 3.3.



GAMBAR 3.4<sup>19</sup>

#### VERTIKAL TERRRAIN DIANTARA PEMANCAR-PENERIMA

Hasil proses tracing vertikal berbentuk pola struktur data yang baru dengan fungsi jarak dan ketinggian. Gambar 3.4 menampilkan profile terrain yang didapat dari proses tracing antara titik pemancar dan penerima.

<sup>19</sup> Manfred Lebherz, *op.cit*, hal. 1124

### 3.4.1 Penentuan Titik Bias pada Pola Halangan Vertikal

Setelah didapatkan pola terrain yang lengkap dari area liputan yang akan diperhitungkan, langkah selanjutnya adalah proses penentuan jalur sinyal yang merambat antara titik pemancar dan penerima sesuai dengan halangan – halangan yang ada antara kedua titik tersebut. Prinsip yang digunakan adalah dengan mengasumsikan halangan yang terdapat pada pola vertikal terrain sebagai media halangan yang mempunyai konduktifitas sempurna. Dengan mengasumsikan gelombang radio sebagai cahaya yang akan terdifraksi jika membentur sisi sebuah bidang dengan konduktifitas sempurna maka dapat ditentukan alur propagasi gelombang dengan titik referensi awal adalah pemancar yang merambat menuju ke titik referensi berikutnya mengikuti pola pola halangan yang terjadi pada terrain yang diteliti.

Langkah awal yang diambil dalam menentukan titik bias dari alur propagasi gelombang, dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Menentukan referensi titik awal pancar.
2. Menentukan referensi titik tujuan pancar.
3. Menentukan titik – titik tertinggi pada halangan/gedung yang ada sepanjang alur propagasi gelombang.

Setelah parameter – parameter diatas ditentukan maka proses selanjutnya adalah menarik garis lurus antara titik pemancar dan titik penerima yang dinotasikan sebagai garis sumbu utama. Panjang lintasan garis sumbu ( $S$ ) utama dan sudut ( $\theta$ ) antara titik pancar dan titik penerimaan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$S \text{ (Panjang Lintasan Sumbu Utama)} = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}$$

Dimana :

$X_1, Y_1, Z_1$  = Koordinat Pemancar

$X_2, Y_2, Z_2$  = Koordinat Penerima

$$\text{Sudut } (\theta) = \text{Arc Tg } \theta = \frac{(Z_1 - Z_2)}{T - R}$$

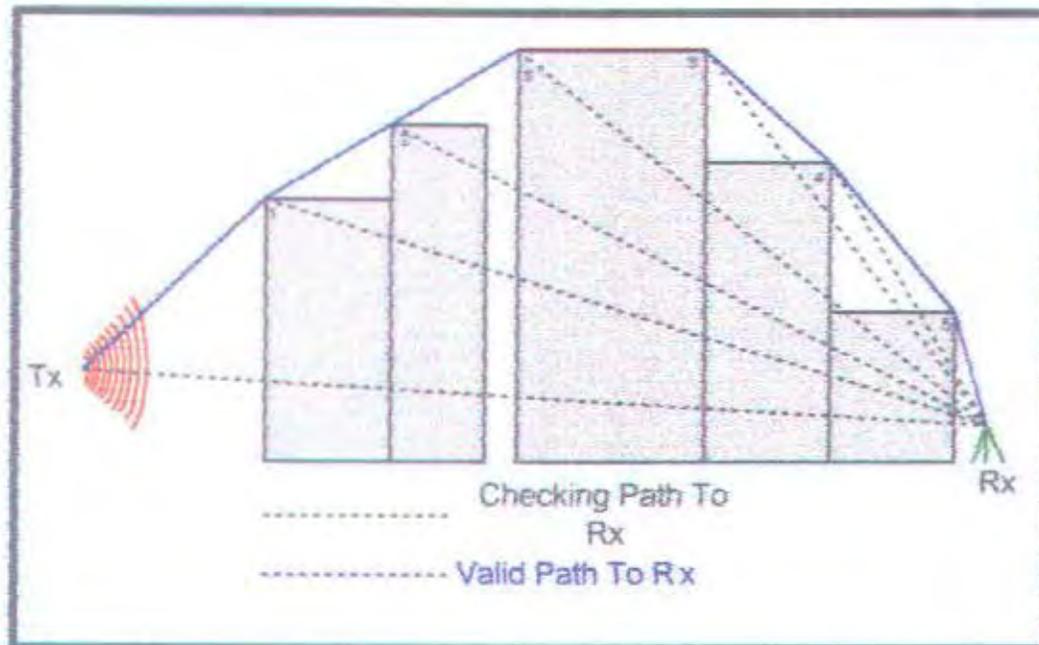
Dimana :

$Z_1$  = Tinggi Pemancar

$Z_2$  = Tinggi Penerima

T-R (S) = Panjang Garis Sumbu Utama

Kemudian secara berurutan akan diseleksi letak transversal (sumbu-x) dan vertikal (sumbu-z) dari lintasan garis sumbu utama pada pola terrain vertikal. Dari titik-titik yang terseleksi dibuat lintasan garis-garis baru mulai dari referensi titik pancar sampai ke titik penerima sehingga akan terbentuk alur lintasan propagasi baru. Selanjutnya diterapkan validasi titik-titik bias dengan meneliti tiap-tiap titik mulai dari titik pancar ke titik bias ke-1 dan ke-2. Dari titik pemancar akan ditarik garis langsung ke titik bias ke-2, jika didapatkan garis baru tanpa membentur halangan diantaranya, maka garis baru tersebut dianggap valid dan dinotasikan sebagai  $S_0$ , dan jika halangan yang terdapat diantaranya menjadikan gelombang tidak LOS maka garis antara titik pancar ke titik bias ke-1 itulah yang dinotasikan sebagai  $S_0$ . Logika tersebut akan terus diulang pada titik bias selanjutnya sampai ke titik penerimaan.

GAMBAR 3.5<sup>20</sup>

**MENENTUKAN TITIK BIAS PADA TERRAIN HALANGAN VERTIKAL  
( PANDANGAN DEPAN )**

Tiap titik yang telah valid dalam pengujian penentuan titik-titik bias pada halangan vertikal selanjutnya dinotasikan sebagai  $E_1, E_2, E_3, E_4, \dots, E_p$ . Notasi – notasi tersebut merupakan besaran kuat medan pada tiap titik bias ke- $n$  ( $n > 0$ ). Dengan asumsi untuk titik  $n$  sama dengan nol merupakan titik awal atau titik pancar. Titik – titik bias yang terjadi dan membentuk pola garis alur propagasi gelombang yang baru akan selalu sejajar vertikal dengan lintasan sumbu utamanya. Perhitungan besarnya kuat medan pada tiap titik-titik sepanjang lintasan propagasi gelombang dan pada titik penerimaan akan dibahas pada sub bab selanjutnya pada bab ini.

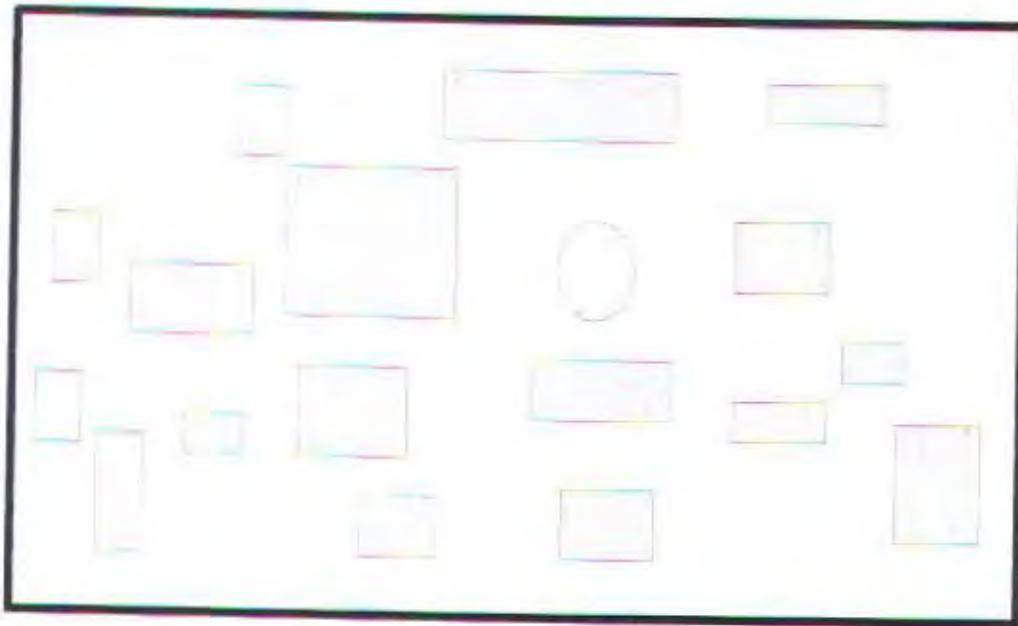
<sup>20</sup> *Ibid.* hal 1125

### 3.5 Pembentukan Lintasan Gelombang Transversal

Perhitungan kuat medan pada propagasi gelombang di daerah urban yang akan dianalisa juga memperhitungkan alur propagasi yang menyusuri sepanjang sisi – sisi bidang gedung/halangan sebelah kiri dan sisi – sisi sebelah kanan yang terjadi sepanjang lintasan propagasi antara titik pancar dan titik terima. Seperti halnya pada pembentukan pola lintasan vertikal, pembentukan lintasan gelombang transversal juga memanfaatkan data – data fisik gedung/halangan yang telah tersimpan pada memori untuk dianalisa melalui proses tracing berdasar pada lintasan sumbu utama propagasi.

Pada pembentukan lintasan transversal, proses tracing dilakukan dengan menarik garis antara titik pancar dan titik penerima dan meneliti titik – titik yang dilaluinya untuk divalidasi menjadi pola propagasi transversal baru. Proses tracing alur propagasi transversal kiri dan transversal kanan dilakukan secara terpisah dengan terlebih dahulu memutar searah jarum jam sumbu utama lintasan antara titik pancar dan titik terima berhimpit dengan sumbu-x. Panjang lintasan terrain diasumsikan sebagai sumbu-x dan ketinggian titik - titik halangan antara referensi titik pancar dan titik penerima yang merupakan lebar dari tiap – tiap gedung/halangan sebagai sumbu-y.

Hasil dari proses tracing berupa struktur data baru yang berupa data panjang lintasan (panjang gedung – gedung) dan ketinggian lintasan (lebar gedung – gedung ) akan dibuat pola pembentukan titik – titik bias ( jika sistem non-LOS ) antara titik pancar dan titik terima dengan meneli tiap-tiap titik halangan dominan sepanjang alur propagasi gelombang.



GAMBAR 3.6 <sup>21</sup>

**TRANSVERSAL TERRAIN DIANTARA PEMANCAR-PENERIMA  
(PANDANGAN ATAS)**

**3.5.1 Penentuan Titik Bias pada Pola Halangan Transversal**

Penentuan titik – titik bias pada pola halangan transversal pada prinsipnya identik dengan pola halangan vertikal. Setelah data – data hasil proses tracing didapatkan, disusun titik – titik dominan yang akan divalidasi sebagai titik – titik bias sepanjang lintasan propagasi. Langkah awal yang dilakukan adalah :

1. Menentukan titik referensi pancaran
2. Menentukan titik referensi penerimaan
3. Menentukan titik - titik pada sisi bidang gedung/halangan terluar sebelah kiri dan sisi bidang halangan terluar sebelah kanan.

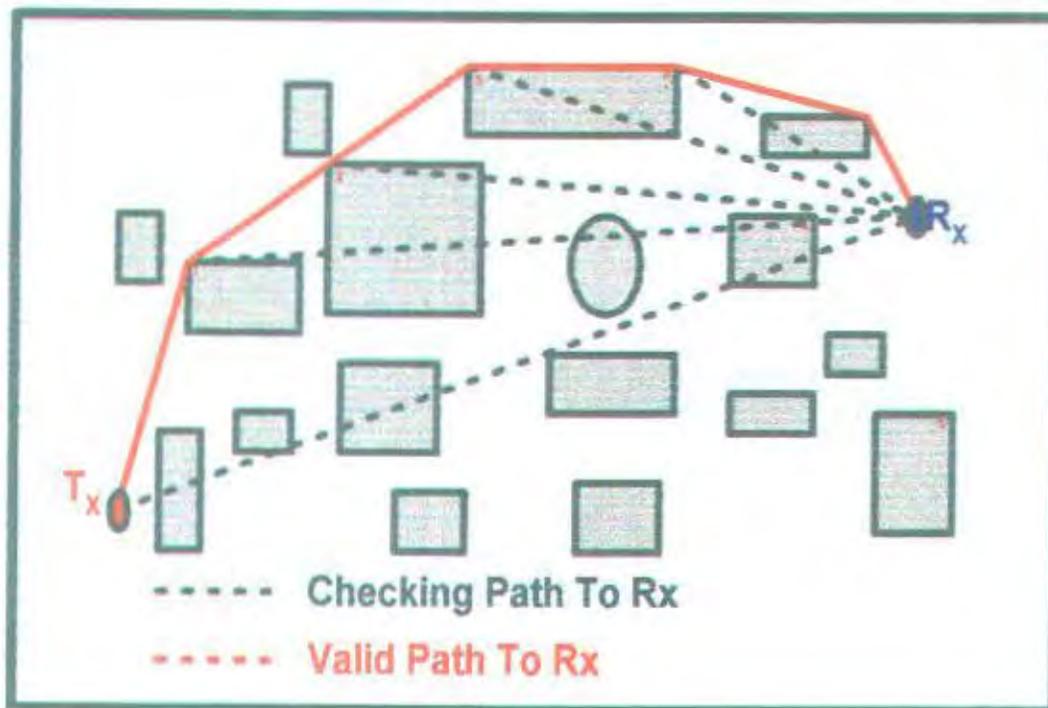
<sup>21</sup> Ibid, hal 1126

4. Menentukan ketinggian titik - titik terluar dari sisi gedung/halangan sebelah kiri dan kanan.

Setelah parameter - parameter diatas terpenuhi, selanjutnya ditentukan panjang lintasan garis sumbu utama antara titik pancar dan titik terima. Perhitungan panjang lintasan sumbu utama ( $S$ ) dan sudut yang terbentuk antara titik pancar dan titik terima ( $\theta$ ) identik dengan persamaan perhitungan untuk pola halangan vertikal. Tiap - tiap titik sepanjang lintasan sumbu utama harus diketahui ketinggiannya untuk menentukan terjadi atau tidaknya proses pembiasan.

Dalam menentukan titik - titik bias yang terjadi sepanjang sisi bidang gedung sebelah kiri dan kanan dianalisa dengan meneliti lintasan garis sumbu utama yang memotong bidang gedung/halangan suatu terrain. Titik perpotongan antara garis sumbu utama dengan bidang gedung akan dianalisa data ketinggiannya dan ditarik garis sejajar transversal dari titik tersebut ke titik terluar sisi kiri dan titik terluar sisi kanan bidang halangan. Titik - titik tersebut menjadi referensi pembentukan titik-titik bias pola halangan transversal.

Dari titik - titik bias yang didapat, ditarik pola garis - garis lintasan halangan transversal yang baru baik di sebelah kiri sisi - sisi gedung maupun sebelah kanan sisi - sisi gedung. Titik - titik bias tersebut akan divalidasi dengan meneliti keberadaan halangan pada tiap lintasan antar titik bias untuk dijadikan titik - titik dominan yang akan digunakan dalam perhitungan kuat medan. Validasi titik

GAMBAR 3.7<sup>22</sup>

### MENENTUKAN TITIK BIAS PADA HALANGAN TRANSVERSAL

titik bias antara sisi – sisi gedung sebelah kiri dan kanan dilakukan secara terpisah dengan logika validasi identik.

Validasi dilakukan dengan meneliti dari titik referensi awal (titik pancar) ke titik bias ke-2, jika antara keduanya LOS, maka titik bias ke-1 dianggap tidak ada, garis antara titik awal pancaran ke titik bias ke-2 dinotasikan sebagai  $S_0$  dan titik bias ke-2 berubah notasinya menjadi titik bias ke-1. Keadaan lain yang mungkin terjadi jika ditarik garis antara titik awal pancaran dengan titik bias ke-2 tetapi sistem non-LOS maka titik penghalang diantaranya dinotasikan sebagai titik bias ke-1 dan panjang lintasan antara titik awal pancaran dengan titik bias ke-1

<sup>22</sup> *Ibid.*, hal 1126

direferensikan sebagai  $S_0$ . Selanjutnya logika tersebut diulang hingga ditemukan pola halangan transversal yang valid.

Notasi dari titik – titik bias yang telah valid selanjutnya diberi nama  $E_1, E_2, E_3, \dots, E_n$ , baik titik – titik bias untuk pola halangan transversal kiri maupun transversal kanan. Dalam proses pembuatan perangkat lunak nantinya, pola halangan transversal kanan diasumsikan sebagai propagasi gelombang yang berjalan menyusuri sisi – sisi gedung searah dengan jarum jam dan untuk pola halangan transversal kiri berlawanan arah dengan jarum jam.

Setelah semua proses perhitungan alur propagasi dengan lintasan gelombang transversal dan lintasan gelombang vertikal selesai, didapatkan data-data yang terdiri dari:

- Panjang garis - garis yang terbentuk antara titik – titik bias sepanjang alur propagasi antara pemancar dan penerima.
- Panjang garis yang merambat melalui atap gedung dan yang merambat melalui sisi-sisi gedung sebelah kanan dan kiri dari alur lintasan propagasi utamanya.
- Panjang lintasan garis untuk alur propagasi gelombang vertikal, lintasan gelombang transversal sisi kiri, lintasan gelombang transversal sisi kanan.
- Sudut datang dan sudut bias dari setiap lintasan gelombang.

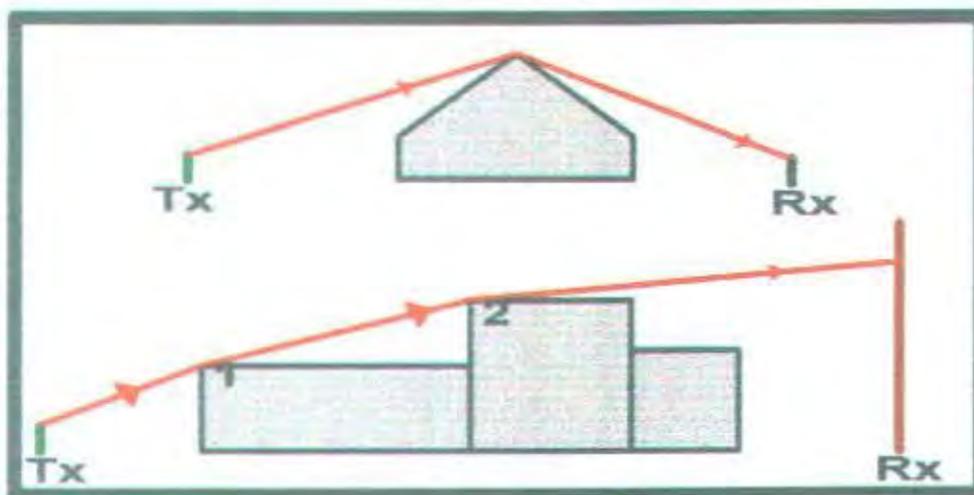
### **3.6 Perhitungan Kuat Medan Pada Titik – Titik Dominan**

Sistem propagasi pada daerah urban pada umumnya bersifat non-LOS dan sebagian besar bentuk fisik halangan adalah berupa kubus dengan asumsi media tumbukan yang terjadi antara gelombang dengan sisi bidang adalah konduktor

sempurna, ini dimungkinkan dengan anggapan bahwa kondisi gedung pada perkotaan saat ini banyak memanfaatkan media kaca yang dianggap memungkinkan terjadinya pembiasan gelombang. Dengan menggunakan konsep Uniform Theory Of Diffraction disusun suatu program untuk menentukan kuat medan yang terdapat pada titik – titik dominan sepanjang terrain. Penggunaan teori ini dengan menerapkan halangan berpola wedge tunggal dan halangan dengan pola wadge ganda.

### 3.6.1 Proses Perhitungan Berdasarkan Pada Halangan Wedge Tunggal

Fenomena difraksi yang terjadi pada alur propagasi daerah urban akibat munculnya pola halangan wedge tunggal dan wedge ganda. Wedge tunggal dalam pola profile merupakan halangan utama dari jalur pancaran cahaya yang timbul



GAMBAR 3.8<sup>23</sup>

### POLA HALANGAN WEDGE TUNGGAL

<sup>23</sup> D.A. McNamara, C.W.I. Pistorius, J.A.G. Malherbe, *op.cit*, hal 181

dengan mengasumsikan bahwa titik tumbukan dari suatu alur propagasi gelombang merupakan ujung sebuah media konduktor sempurna. Berdasar hukum snellius dan pemanfaatan konsep UTD maka didapatkan bentuk umum pola halangan wedge tunggal beserta arah pancar gelombang seperti pada gambar 3.8.

Perhitungan kuat medan pada tiap titik pembiasan mempunyai formulasi identik dengan anggapan perhitungan kuat medan di titik bias ke-1 ( $E_1$ ) adalah merupakan proses perhitungan Line Of Sight antara titik pemancar dan titik bias ke-1 dengan panjang lintasan  $S_0$ . Untuk titik bias ke-2 ( $E_2$ ) dilakukan perhitungan dengan memperhitungkan koefisien difraksi dari titik bias ke-1 dan selanjutnya perhitungan kuat medan pada titik terima dilakukan dengan menganalisa koefisien difraksi pada titik bias terakhir sebelum menuju ke titik penerima.

Secara sistematis dapat dilakukan perhitungan kuat medan sebagai berikut:

1. Menentukan titik referensi dari kuat medan yang dipancarkan dengan menganggap titik pemancar sebagai titik referensi awal dengan besarnya kuat medan di titik tersebut adalah  $E_0$ .
2. Menghitung besarnya kuat medan di titik bias ke-1, diasumsikan perhitungan secara Line Of Sight, dengan memperhatikan redaman kuat medan terhadap jarak dari titik pancar ke titik bias ke-1, dalam hal ini  $S_0$ .
3. Kuat medan di titik bias ke-1, dinotasikan sebagai  $E_1$ , didapatkan dengan persamaan :

$$E_1 = \frac{E_0}{S_0} \times e^{(-\alpha S_0)} \quad (4.1)^{24}$$

<sup>24</sup> Ibid, hal 24

4. Menghitung koefisien difraksi dari wedge yang ada dengan parameter – parameter yang dibutuhkan antara lain (perhatikan gambar 3.10):

- Sudut datang ( $\varphi^*$ )
- Sudut Bias ( $\varphi^{**}$ )
- Panjang lintasan garis  $S_n$  ( $n>0$ )

5. Setelah didapat parameter – parameter yang diinginkan, substitusikan ke persamaan umum untuk mendapatkan koefisien difraksi untuk wedge tunggal sehingga didapatkan koefisien difraksinya  $D_{sh}(\phi, \phi, \beta_0)$  dengan melihat harga  $k$  merupakan konstanta sebesar  $\frac{2\pi}{\lambda}$ .

6. Menentukan besarnya faktor penyebaran cahaya (spreading factor) akibat pembiasan dengan persamaan :

$$A(s) = \sqrt{\frac{S_{(n)}}{S_{(n+1)} * (S_{(n)} + S_{(n+1)})}} \quad (4.2)^{25}$$

7. Menghitung besarnya kuat medan di titik pengamatan dengan menggabungkan semua hasil perhitungan dalam bentuk persamaan :

$$E_d = E_n \times D_{sh} \times A(s) \quad (4.3)^{26}$$

8. Menjumlahkan kuat medan ketiga lintasan terakhir menuju ke titik penerima yang mempunyai perhitungan phase yang berbeda-beda.

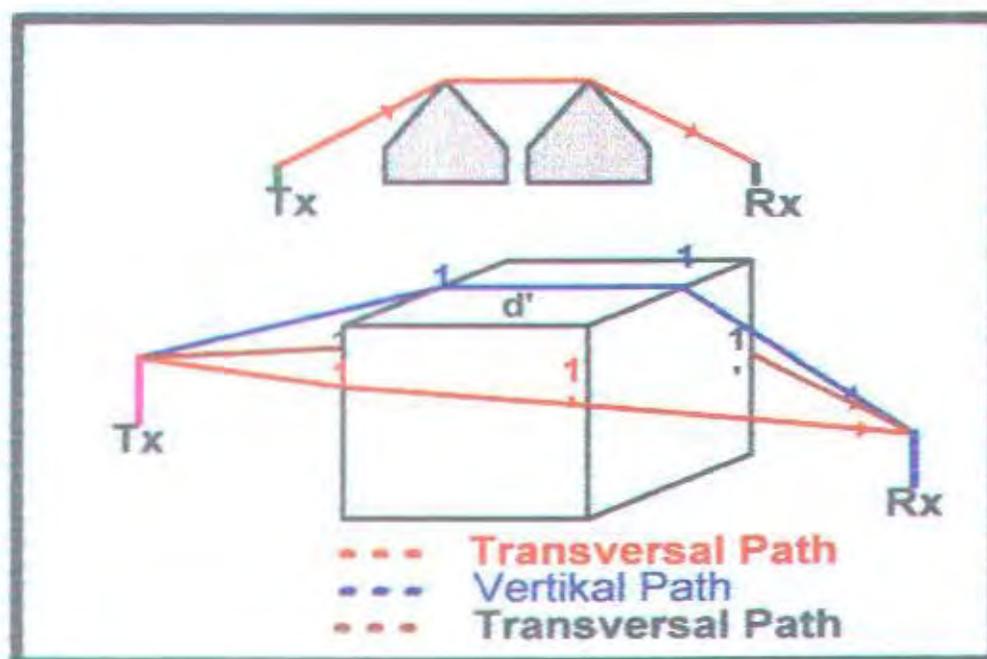
Dengan menerapkan langkah ke-1 sampai ke-8 dapat dihitung besarnya kuat medan di suatu titik bias yang diamati dengan referensi dari titik bias sebelumnya.

<sup>25</sup> Ibid, hal 34

<sup>26</sup> Ibid, hal 168

### 3.6.2 Proses Perhitungan Pada Halangan Wedge Ganda

Pola halangan wedge ganda pada dasarnya merupakan dua paralel wedge dari wedge tunggal yang tersusun secara paralel dengan panjang tertentu. Hal ini terjadi karena struktur halangan/gedung berbentuk kubus layaknya yang terdapat pada gedung-gedung pada daerah perkotaan. Gelombang antara satu titik bias dengan titik bias lainnya yang mempunyai ketinggian yang sama, dimisalkan gedung dengan panjang atap tertentu atau gedung dengan lebar sisi bidang kiri dan sisi bidang kanan dengan lebar tertentu, akan merambat sepanjang atap atau



GAMBAR 3.9<sup>27</sup>

#### POLA HALANGAN WEDGE GANDA

<sup>27</sup> Rudi Lumanto, Bambang H.T., *Study of Wave Propagation Model in Urban Areas*, Journal BPP Teknologi Dir TEI, 1995, hal 4

sepanjang sisi gedung tersebut. Keadaan diatas menimbulkan analisa yang lebih kompleks untuk perhitungan kuat medan di titik-titik sepanjang lintasan propagasinya. Secara sederhana pola halangan ganda dapat digambarkan pada gambar 3.9 yang merupakan penggabungan dua wedge tunggal

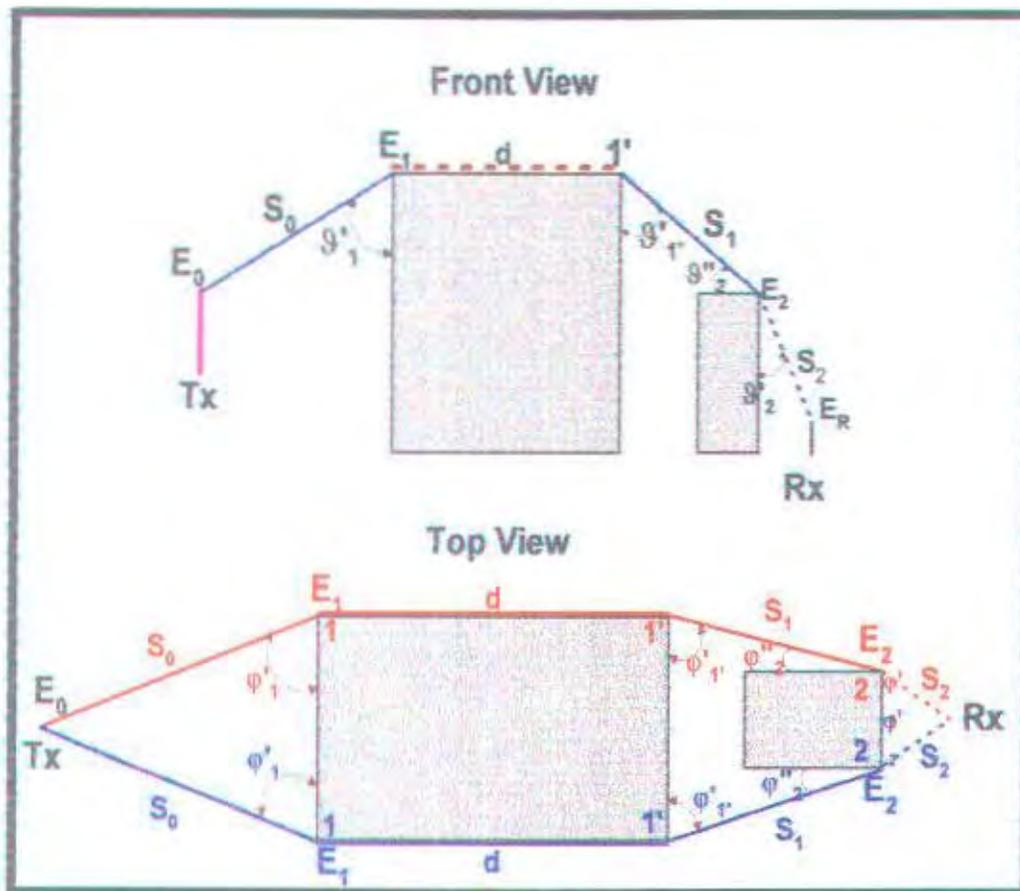
Berdasarkan kepada formulasi Uniform Theory Of Diffraction (UTD), pada kasus halangan wedge ganda dimana difraksi terjadi pada dua wedge tunggal yang menyatu (gambar 3.10), kuat medan difraksi wedge ganda dihasilkan dari penjumlahan empat term yang masing-masing diidentifikasi oleh besarnya kuat medan di titik referensi pancar ( $E_0$ ), wedge pertama ( $E_1$ ), wedge kedua ( $E_2$ ), dan titik di ujung pengamatan. Hasil perhitungan kuat medan di titik pengamatan wedge ganda ini adalah dengan menggabungkan faktor-faktor yang muncul dalam proses pembiasan yaitu : koefisien difraksi, faktor penyebaran, peredaman kuat medan berdasarkan fungsi panjang lintasan. Secara umum persamaan tersebut dapat dinyatakan dalam bentuk :

$$E_d = E_0 \times P_{sh} \times A(s) \times e^{(-\beta R_s)} \quad (4.4)^{28}$$

Dimana  $P_{sh}$  adalah koefisien difraksi untuk pola halangan ganda. Gambar 3.10 akan memperjelas perhitungan untuk pola halangan wedge ganda.

Seperti halnya dengan wedge tunggal, pada wedge ganda dengan mengambil semua profile dan menentukan lokasi wedge ganda yang muncul, dapat diperhitungkan besarnya kuat medan yang muncul dari titik referensi pancar menuju ke titik referensi berikutnya. Sebagai hasil dari perhitungan kuat medan yang didapatkan dari referensi-referensi titik-titik bias sepanjang terrain, maka

<sup>28</sup> D.A. McNamara, C.W.I. Pistorius, J.A.G. Malherbe, *op.cit*, hal 169

GAMBAR 3.10<sup>29</sup>

### PENDEKATAN PERHITUNGAN POLA HALANGAN WEDGE GANDA

kuat medan keseluruhan di titik penerimaan akan dikalikan dengan pengaruh doppler. Dari pergerakan titik penerimaan yang diamati didapatkan kecepatan penerima terhadap arah datangnya gelombang.

Pengaruh doppler mengakibatkan frekwensi penerimaan akan berubah bergantung pada arah penerima datangnya gelombang. Secara umum pengaruh doppler dapat dituliskan sbb :

<sup>29</sup> Rudi Lumanto, Bambang H.T, *op.cit*, hal 5

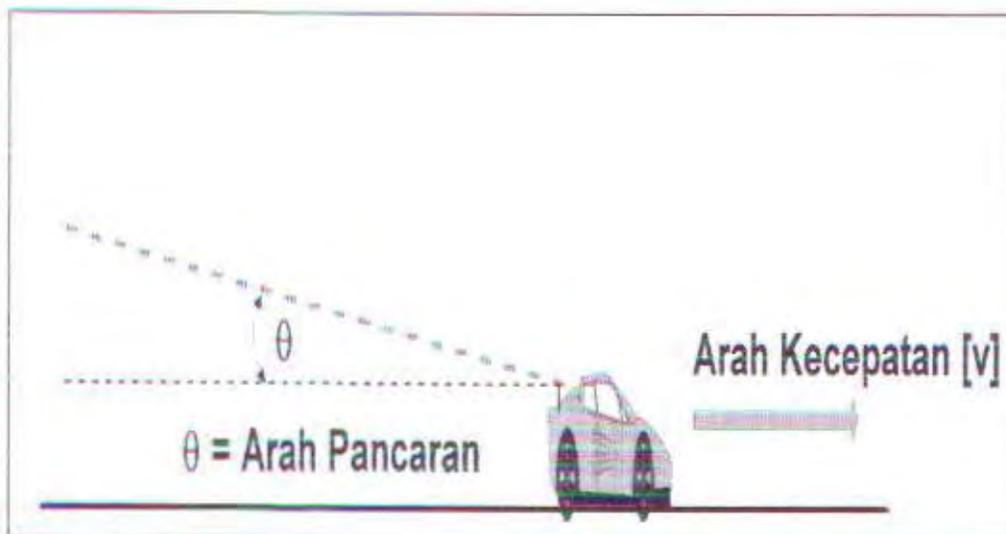
$$f_d = f_o + \frac{V}{\lambda} * \text{Cos } \theta,$$

dimana:  $f_d$  = Frekwensi doppler

$f_o$  = Frekwensi pemancar

$V$  = Kecepatan penerima

$\theta$  = Sudut dari arah pergerakan penerima terhadap arah datangnya gelombang.



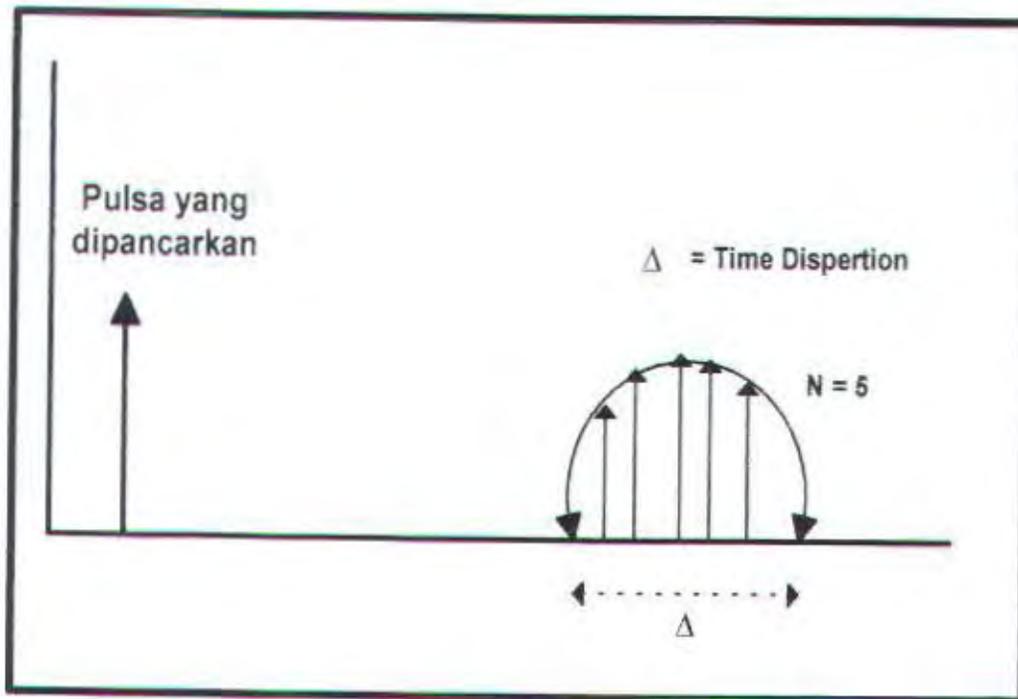
GAMBAR 3.11<sup>30</sup>

### EFEK DOPPLER

#### 3.7 Delay Spread

Berbeda dengan transmisi analog, transmisi digital yang melalui medium udara selain mempunyai masalah fading juga mempunyai masalah time dispersion. Pada gambar 3.12 dapat dilihat bagaimana suatu pulsa tunggal yang dikirim dipengaruhi oleh time dispersion (jeda waktu) dan hasilnya merupakan

<sup>30</sup> Theodore S. Rappaport, op.cit, hal 14



GAMBAR 3.12<sup>31</sup>

### DELAY SPREAD

beberapa sinyal yang datang dengan selang waktu tertentu.

Timbulnya time dispersion ini disebabkan oleh pantulan gelombang yang letaknya jauh dari antena penerima yang menghasilkan sinyal multipath, dimana sinyal yang dipancarkan base stasion diterima oleh unit bergerak dengan lintasan yang berbeda-beda. Waktu kedatangan sinyal dari setiap lintasan tersebut berbeda sebagai fungsi lintasan dan mengakibatkan sinyal berupa pulsa tunggal yang dipancarkan pada penerima akan menyebar dalam sumbu waktu yang dikenal sebagai delay spread. Kenyataan ini menimbulkan kesalahan pada penerima pada saat pengiriman data dari pemancar sehingga perlu

<sup>31</sup> William C.Y. Lee, *Mobile Communication Engineering*, McGraw-Hill Book Company, 1982, hal 40

memperhitungkan berapa besarnya waktu penyebaran (time dispersion) yang diperlukan untuk memulai lagi pengiriman data berikutnya. Dalam komunikasi radio digital yang memakai kecepatan bit tinggi, delay spread menyebabkan tiap simbol bertumpuk dengan simbol sebelum dan sesudahnya yang akan menyebabkan interferensi antar simbol, sehingga penerima mengalami kesulitan memutuskan yang mana yang harus dideteksi (simbol sebenarnya yang dikirim).

**TABEL 3.1**<sup>32</sup>

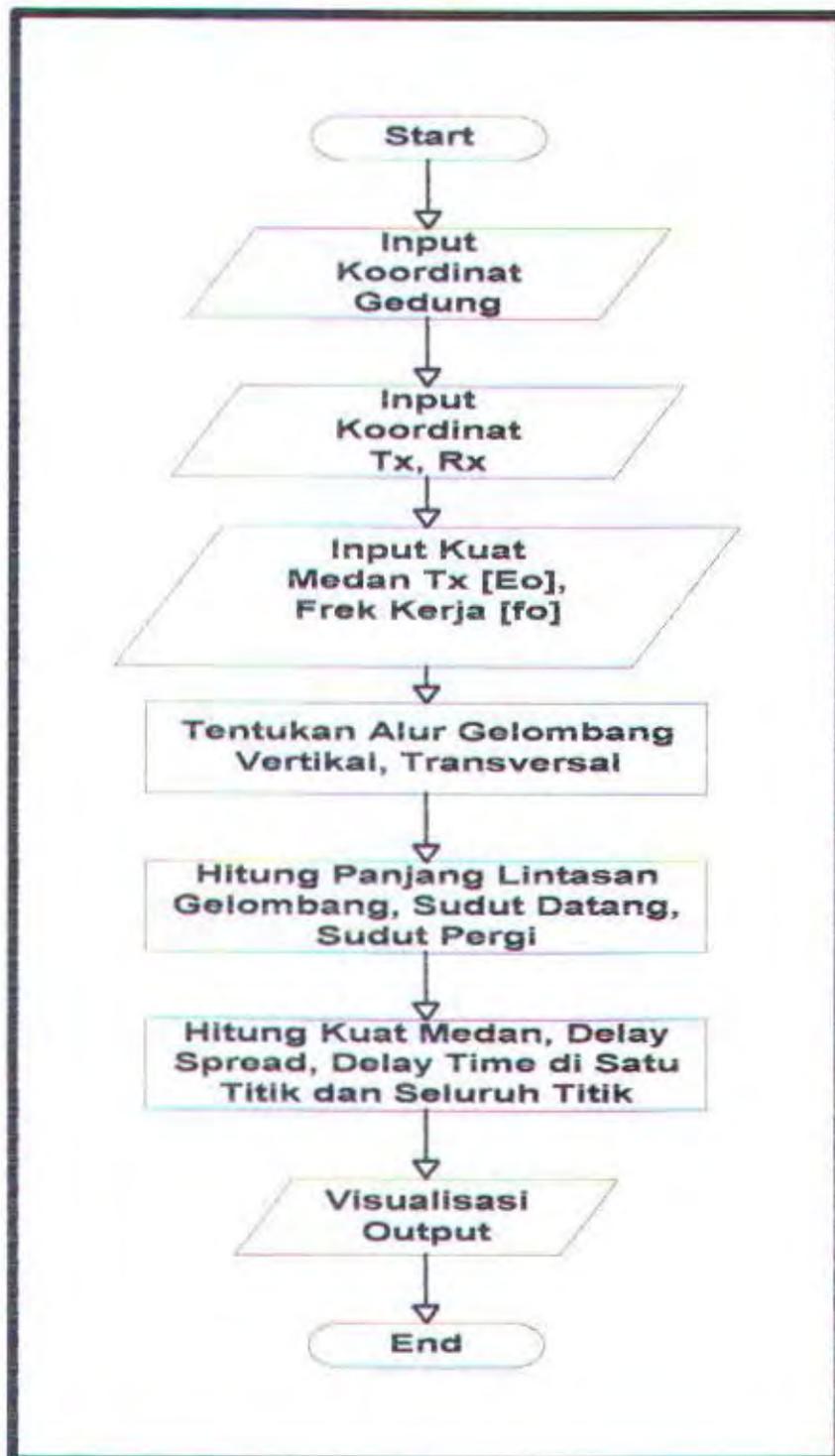
**DELAY SPREAD BERDASARKAN TIPE DAERAH**

<b>Tipe Daerah</b>	<b>Delay Spread ( mikro-second)</b>
<b>Open Area</b>	<b>&lt; 0.2</b>
<b>Sub Urban</b>	<b>0.5</b>
<b>Urban</b>	<b>3</b>

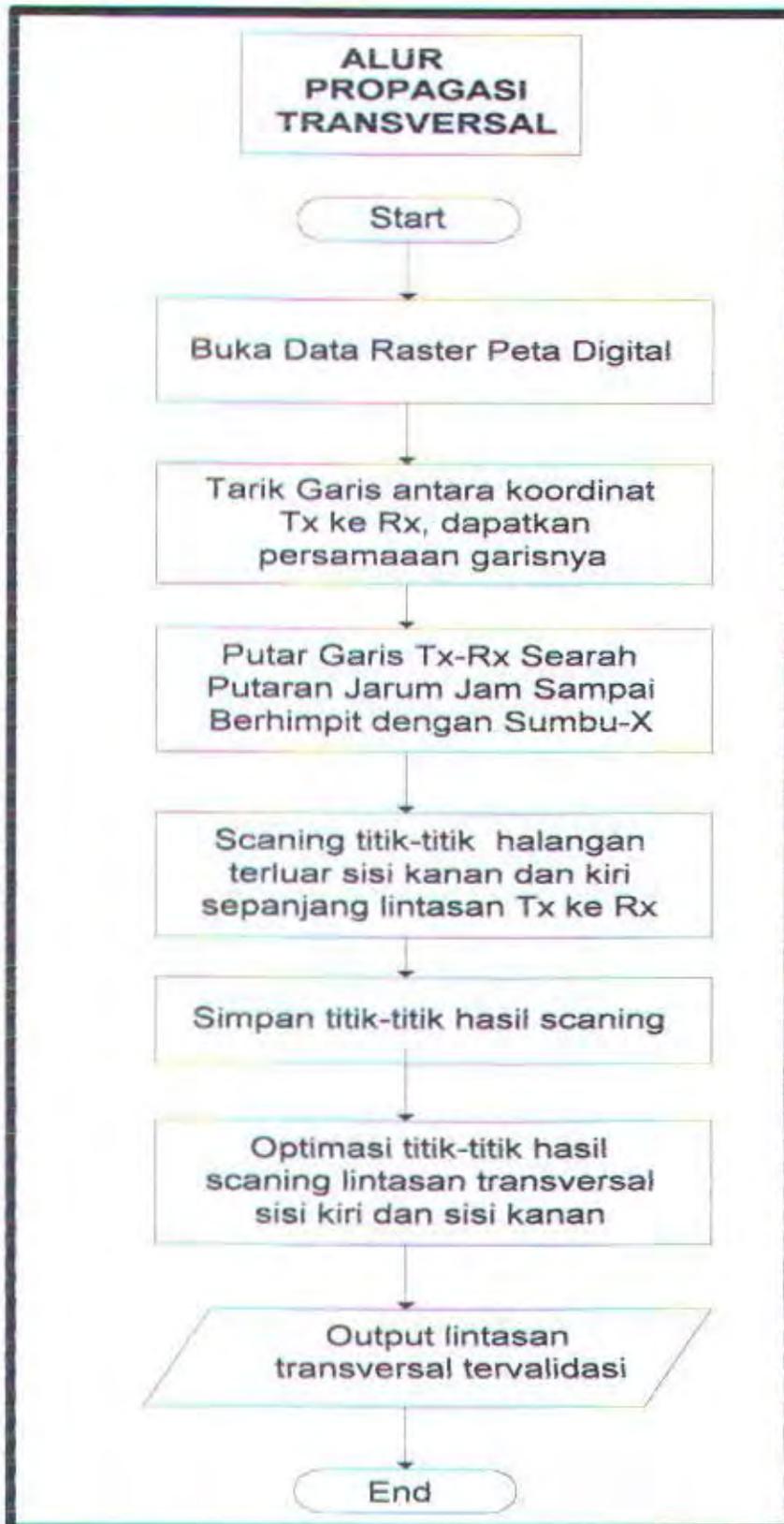
Dari tabel 3.1 dapat dilihat bahwa delay spread lebih lama di daerah urban karena lebih banyak terjadi efek pemantulan dan pembiasan (gedung-gedung). Delay spread yang lama dapat diatasi dengan mengurangi kecepatan simbol.

<sup>32</sup> Ibid, hal 39

## 3.8 Diagram Alir Program







## BAB IV ANALISA HASIL PERANGKAT LUNAK

---

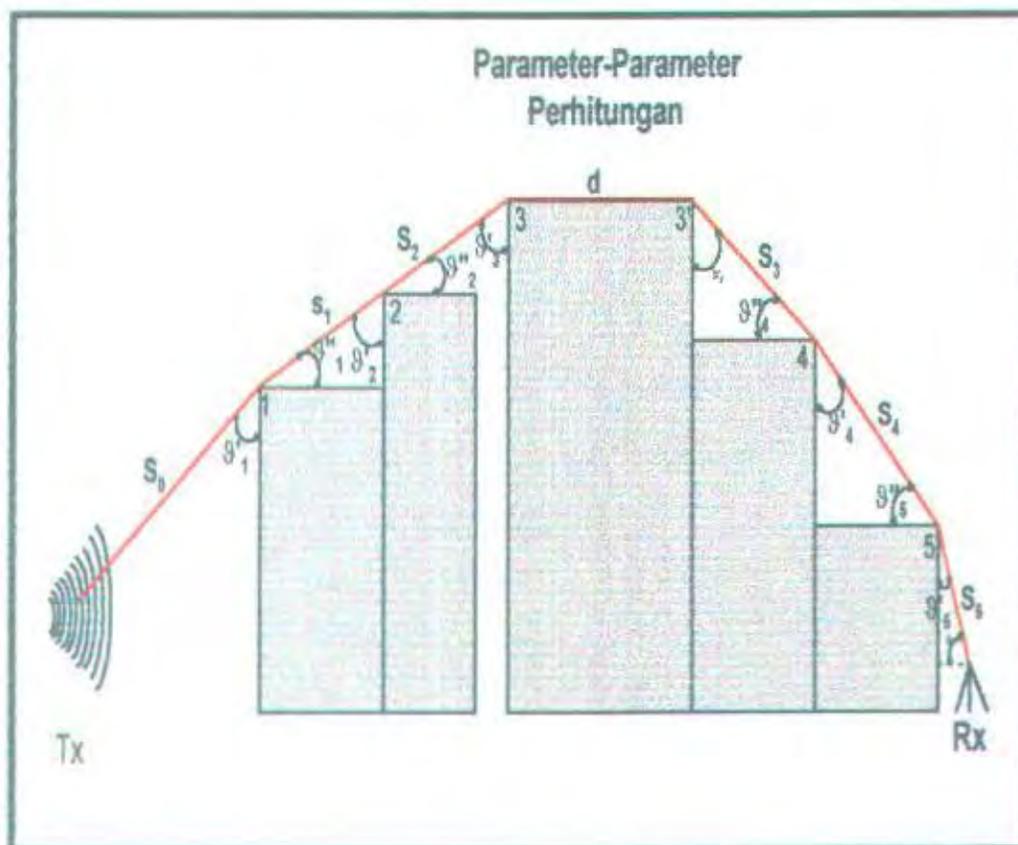
### 4.1 Proses Penentuan Konstanta Perhitungan Kuat Medan

Perhitungan kuat medan dilaksanakan berdasarkan data-data masukan dari perhitungan grafis dan variabel-variabel masukan sesuai spesifikasi yang dikehendaki. Perhitungan grafis dilaksanakan dengan menyediakan data matrik area yang akan dianalisa perhitungan titik-titik dominan dalam penentuan konstanta-konstanta perhitungannya. Pada kasus sesungguhnya, peta topographi pada daerah yang akan diteliti sangat dibutuhkan keberadaannya. Dari peta topographi akan disusun suatu bank data yang diperlukan dalam proses pembuatan digitasi matrik dengan resolusi tinggi yang dapat mencakup dimensi terkecil dari suatu terrain.

Hasil perhitungan grafis didapatkan setelah melalui proses digitasi terrain, tracing profile dan validasi penentuan titik-titik dominan pembiasan. Digitasi terrain mengubah data-data dari peta topogrphi ke dalam data-data digital dan disimpan dalam suatu bank data. Proses tracing akan meneiisuri kondisi terrain yang tergambaran pada bank data sehingga didapatkan profile suatu terrain secara detail. Hasil profiling terrain akan dianalisa terhadap propagasi gelombang antara titik pancaran dan titik terimanya sehingga didapatkan data-data dari penggambaran propagasi gelombang akibat proses pembiasan dan proses penerimaan gelombang langsung. Hasil akhir dari perhitungan grafis adalah untuk

menentukan karakteristik alur propagasi gelombang pada terrain yang diteliti secara vertikal dan transversal.

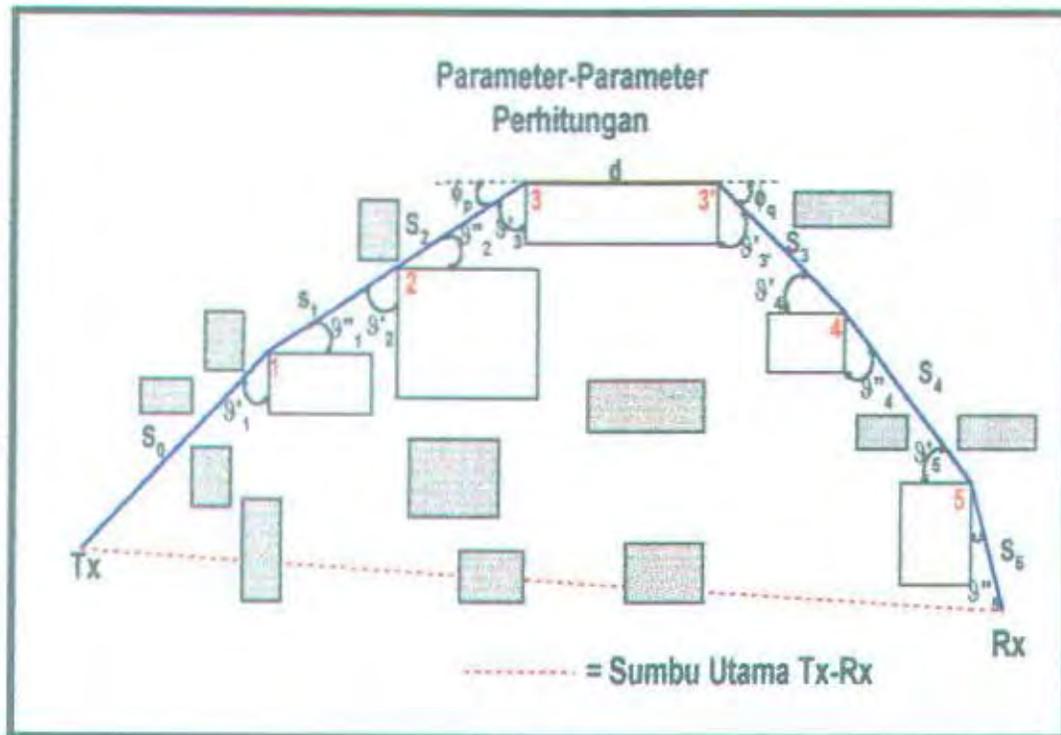
Karakteristik terrain yang didapat dari proses perhitungan grafis akan diinput menjadi konstanta-konstanta perhitungan yang digunakan dalam proses perhitungan kuat medan bersama masukan variabel-variabel data dari keyboard.



GAMBAR 4.1<sup>33</sup>

**KONSTANTA HASIL PERHITUNGAN GRAFIS  
( ARAH PANDANG DEPAN )**

<sup>33</sup> Rudi Lumanto, *op.cit*, hal 7



GAMBAR 4.2<sup>34</sup>

**KONSTANTA HASIL PERHITUNGAN GRAFIS  
( ARAH PANDANG ATAS )**

Data-data hasil perhitungan grafis digambarkan pada gambar.4.1 yang meliputi :

1. Panjang Lintasan [  $S_{[n]}$  ] : Panjang lintasan antara titik pemancar ke titik penerima atau titik pemancar ke titik bias atau titik bias ke titik bias yang lain.
2. Sudut datang [  $\varphi'_n$  ] : Sudut yang terbentuk antara lintasan datang menuju suatu titik bias atau titik penerimaan dengan bidang vertikal titik tersebut.
3. Sudut pergi [  $\varphi''_n$  ] : Sudut yang terbentuk antara lintasan pergi dari suatu titik bias dengan bidang transversal titik tersebut.

<sup>34</sup> Ibid, hal 8

4. Sudut lintasan [  $\varphi_n$  ] : Sudut yang terbentuk antara bidang vertikal titik bias dengan lintasan perginya
5.  $\phi_p$  = Sudut antara lintasan datang dengan garis transversal dari titik bias pada halangan tipe ganda (DW).
6.  $\phi_q$  = Sudut antara lintasan pergi dengan garis transversal dari titik bias pada halangan tipe ganda (DW).
7.  $d$  = Panjang lintasan dari satu titik bias ke titik bias lain akibat pola halangan ganda.
8.  $\theta$  = Sudut yang terbentuk antara titik penerima dengan lintasan yang menuju ke arahnya.

Sedangkan data-data variabel yang merupakan masukan dari keyboard adalah :

1. Besarnya kuat medan di titik pemancar (Tx) :  $E_0$  [ *Volt/meter* ]
2. Besarnya frekwensi kerja pemancar (Tx) :  $f_0$  [ Hertz ]
3. Besarnya kecepatan penerima bergerak :  $V_0$  [ *meter/detik* ]

Disamping itu terdapat konstanta-konstanta yang telah bernilai dari awalnya yaitu :

- a. Kecepatan cahaya (  $c$  ) :  $3E8$  or  $3 \times 10^8$  [ *meter/detik* ].
- b. Phi (  $\pi$  ) : 3.141592654

#### 4.2 Pembagian Level Penerimaan Pada Perhitungan Kuat Medan

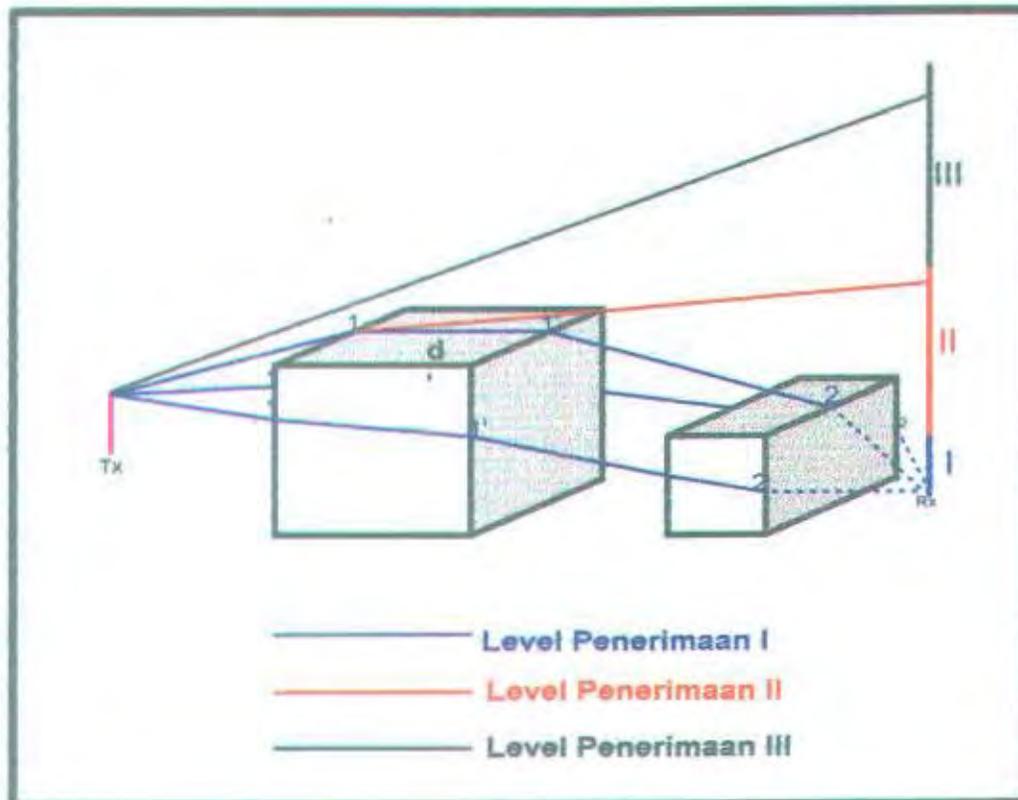
Titik utama dari proses pembuatan pemodelan propagasi ini adalah penentuan kuat medan di titik pengamatan. Pada proses ini dibuat suatu pola

profile tersendiri yang dilakukan dengan merujuk dari data COST321TD(90). Pola terrain yang ada dari journal tersebut dibuat dengan alur propagasi yang cukup lengkap baik itu proses pembiasan pada pola halangan tunggal dan ganda ataupun proses pemantulan di sekitar pemancar dan penerima. Gambar 4.3 akan menampilkan pola terrain tersebut.

Pada gambar 4.3 ini memperlihatkan kondisi yang lengkap yang memungkinkan terjadi pada proses penentuan alur sinyal yang ada, disamping itu dapat diamati titik-titik ketidakterlihatan dari penerima dengan menotasikan ketinggian penerima sebagai variabel yang dapat ditentukan ketinggiannya dari titik pengamatan sampai ke titik batas terjadinya proses pemantulan, pembiasan dan sinyal yang diterima secara langsung pada titik penerima.

Gambar 4.3 juga memperlihatkan pembagian level penerimaan yang terjadi pada titik pengamatan yang berubah terhadap ketinggian antena penerima. Level pengamatan I merupakan daerah gelap dimana proses perhitungan kuat medan di titik tersebut harus melalui proses pemantulan, pembiasan baik halangan tunggal maupun halangan ganda. Level pengamatan II menunjukkan kuat medan yang diterima berdasarkan terjadinya proses pembiasan halangan tunggal dan proses pemantulan. Sedangkan level penerimaan III merupakan penerimaan kuat medan berdasarkan proses pemantulan dan proses langsung menuju ke titik pengamatan. Untuk menganalisa kondisi pola terrain yang telah dibuat dengan melihat hasil perhitungan yang ditampilkan oleh program berupa pola perubahan level penerimaan kuat medan dan perubahan redaman pada titik pengamatan

tertentu. Perubahan penerimaan kuat medan dan redaman pada titik-titik tertentu diakibatkan perubahan ketinggian antenna penerimaanya seperti ditunjukkan pada gambar 4.4.

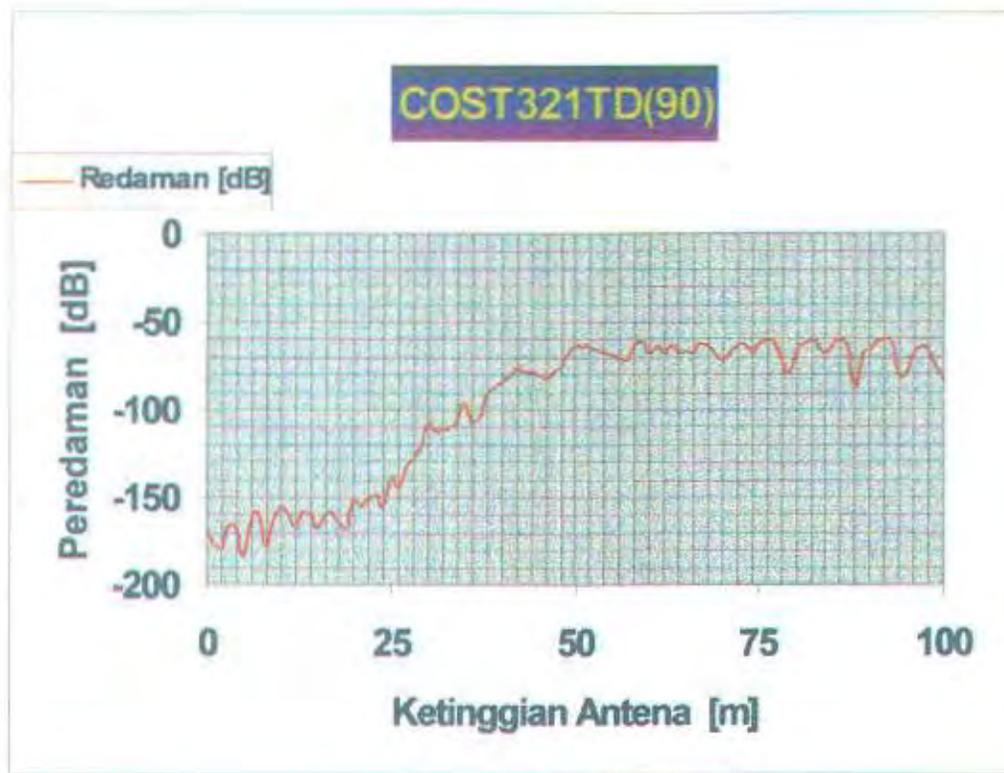


GAMBAR 4.3<sup>34</sup>

#### PEMBAGIAN LEVEL PENERIMAAN KUAT MEDAN

Kurva redaman dari COST321TD(90) seperti terlihat pada gambar 4.4 memperlihatkan perubahan level kuat medan yang sangat dominan pada titik tertentu, terutama sekali pada titik perubahan di daerah level penerimaan I ke daerah II dan daerah level penerimaan II ke daerah III. Dari data redaman

<sup>34</sup> R. J Lubers, *Electromagnetic Scattering By 2-D Wedge Composed of Conductor and Lossless Dielectric*, IEEE Transaction On Antenas and Propagation, 4 April 1992, hal 5

GAMBAR 4.4<sup>35</sup>

#### KURVA REDAMAN BERBANDING KETINGGIAN PENERIMAAN

COST321TD(90), dapat dianalisa bahwa pada daerah gelap total terjadi peredaman yang besar sehingga sinyal yang diterima oleh penerima cukup kecil dibanding dengan daerah lain.

Pada titik ketinggian antena antara 30 sampai 40 meter terdapat daerah transisi perubahan antara level kuat medan yang mengalami pola halangan tunggal dan pola halangan ganda menuju level kuat medan karena pengaruh pola halangan tunggal saja sehingga setelah melewati daerah transisi ini level kuat medan menjadi turun kembali sesuai dengan fungsi jarak. Dari gambar 4.4 secara

<sup>35</sup> Ibid, hal 7

keseluruhan dapat terlihat bahwa apabila sinyal melampaui titik daerah kuat medannya maka kuat medan akan semakin menurun kembali setelah mengalami lonjakan karena perubahan daerah penerimaan.

#### **4.3 Proses Perhitungan Kuat Medan**

Seperti dijelaskan pada sub bab sebelumnya proses akhir pembuatan perangkat lunak ini adalah untuk menentukan besarnya kuat medan, delay spread dan delay time pada suatu area yang akan diteliti sehingga dapat disusun pemetaannya secara presisi pada daerah cakupan sekecil mungkin. Untuk mengetahui peredaman yang terjadi pada perubahan sinyal terhadap ketinggian penerimaan dilakukan dengan mengambil kurva peredaman dalam dB terhadap perubahan ketinggiannya, sehingga dari hasil perhitungan didapatkan pola seperti yang terlihat pada gambar 4.5.

Dalam proses perhitungan kuat medan pada suatu daerah cakupan dapat dilakukan dengan perhitungan di satu titik koordinat dalam daerah cakupan atau perhitungan pada semua titik koordinat pada daerah cakupan. Untuk perhitungan kuat medan di satu titik koordinat pengamatan saja digunakan untuk validasi hasil perhitungan dengan merujuk pada kurva COST321TD(90) dengan membuat ketinggian antenna penerima sebagai variabel terhadap perubahan ketinggiannya.

Perhitungan kuat medan pada seluruh titik pada daerah pengamatan pada dasarnya adalah identik dengan perhitungan di satu titik pengamatan saja. Proses perhitungan meliputi seluruh area pengamatan akan diskalakan perluasan tertentu dari daerah yang akan diteliti. Hasil dari perhitungan kuat medan pada seluruh

area yang diteliti dapat dilakukan dengan penggambaran melalui tabel yang berisi data koordinat dan kuat medan serta redaman yang terjadi pada daerah tersebut, atau melalui peta kuat medan yang menggambarkan besarnya kuat medan pada area yang diteliti dengan menggambarkan besarnya kuat medan pada tiap titik dengan beberapa warna berbeda.

Pola terrain pada daerah urban yang cenderung tidak merata mengakibatkan munculnya pola-pola halangan antara titik pemancar dan titik-titik penerimaannya. Seperti dijelaskan pada bab sebelumnya pola halangan yang terjadi pada terrain adalah pola halangan tunggal dan pola halangan ganda. Hal ini dimungkinkan karena asumsi bahwa seluruh bangunan-bangunan yang ada pada daerah cakupan adalah berbentuk kubus. Dalam perhitungan kuat medan pada titik-titik difraksi sepanjang profile yang ada dilakukan dengan menganggap kondisi terrain tiga dimensi dibagi dalam perhitungan terrain dua dimensi. Hal ini hanya untuk mempermudah penggambaran dan proses perhitungan grafis saja.

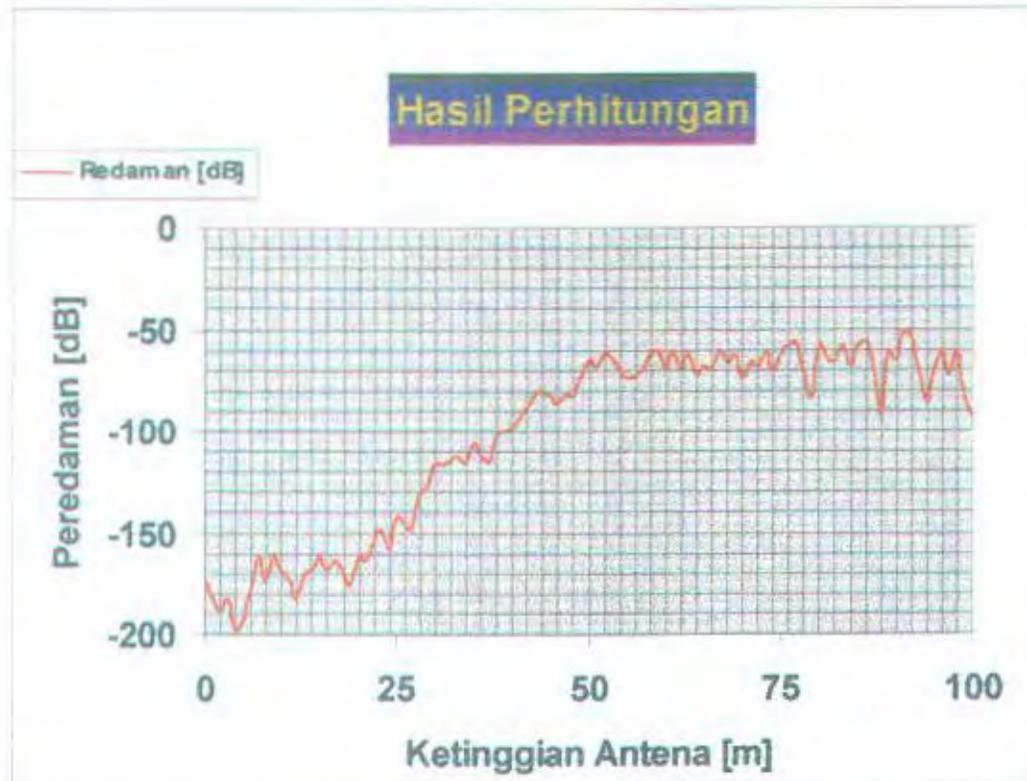
Pembagian alur vertikal dan transversal pada propagasi gelombang mengakibatkan terjadinya dua jenis perhitungan kuat medan untuk dua lintasan. Perhitungan kuat medan untuk lintasan vertikal menggunakan acuan sumbu-x dan sumbu-z sebagai panjang dan tinggi data-data fisik yang ada pada lokasi yang diteliti. Sedangkan untuk perhitungan kuat medan arah transversal juga menggunakan dua dimensi perhitungan yaitu sumbu-x dan sumbu-y sebagai panjang dan tinggi data-data fisiknya. Dari data-data hasil perhitungan grafis akan digabungkan dengan data-data dari masukkan keyboard yang berisi variabel-variabel perhitungan lainnya selanjutnya akan diproses untuk didapatkan hasilnya.

#### 4.4 Validasi Hasil Perhitungan Kuat Medan

Dari analisa gambar 4.5 yang merupakan hasil perhitungan program, validasi dapat dilakukan dengan data yang telah ditetapkan dari COST321TD(90) yang mereferensikan pola terrain yang dibuatnya seperti pada gambar 4.3. Dengan membandingkan gambar kurva redaman hasil perhitungan simulasi propagasi gelombang dengan kurva redaman COST321TD(90) terlihat terdapat kesamaan pola yang ada. Pada daerah level penerimaan I untuk hasil perhitungan program yang dibuat memiliki peredaman sekitar 190 dB-200 dB, sedangkan data referensi dari COST321TD(90) juga berkisar 190 dB. Untuk daerah level penerimaan II, redaman dari hasil perhitungan sebesar 65 dB dan jika merujuk dari data referensi COST321TD(90) mempunyai redaman antara 60 dB – 68 dB. Untuk memperjelas kondisi kurva hasil perhitungan dengan data referensinya disusun tabel 4.1 yang membandingkan data hasil pengukuran dengan data referensi berdasar pada COST321TD(90).

#### 4.5 Proses Perhitungan Delay Spread dan Delay Time

Perhitungan delay spread di semua titik koordinat pada daerah cakupan dilakukan dengan menganalisa tiga sinyal lintasan yang terjadi pada alur perambatannya. Daerah urban yang ditandai dengan bangunan-bangunan yang tinggi dan padat menyebabkan terjadinya jeda waktu penerimaan sinyal akibat beberapa proses pembiasan dan pemantulan. Dari perhitungan program dimana diasumsikan daerah cakupan terdiri dari gedung-gedung yang tinggi dan padat delay spread yang terjadi berkisar antara 100 nano-second dengan luas daerah



GAMBAR 4.5

#### KURVA REDAMAN HASIL PERHITUNGAN PROGRAM

cakupan berkisar 500-800 meter persegi.

Proses perhitungan delay spread didapatkan dengan mengasumsikan hanya terjadi pembiasan saja pada lintasan gelombang antara titik pancar dan titik terima. Untuk menentukan besarnya delay spread pada suatu titik koordinat pengamatan didapatkan delay time untuk masing-masing lintasannya yaitu lintasan arah vertikal, transversal kiri dan transversal kanan. Masing-masing lintasan mempunyai besaran delay time yang berbeda akibat proses pembiasan yang dilaluinya sepanjang lintasan menuju ke arah titik terimanya.

**TABEL 4.1**  
**PERBANDINGAN HASIL PERHITUNGAN KUAT MEDAN**

LEVEL PENERIMAAN	KURVA REDAMAN	
	HASIL PERHITUNGAN	COST321TD(90)
DAERAH I	188 dB	180 dB
DAERAH II	65 dB	60 dB
DAERAH III	40 dB	40 dB

Secara umum delay spread dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut :

$$\Delta = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [\tau_i^2 a_i] - \tau_0^2 \quad (4.1)^{36}$$

$$\tau_0 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \tau_i a_i \quad (4.2)^{37}$$

dimana :

N = Jumlah lintasan yang terjadi antara titik pancar dan titik terima.

a<sub>i</sub> = Amplitudo lintasan ke-i

τ<sub>i</sub> = Delay time lintasan ke-i

Pada perhitungan simulasi propagasi ini jumlah lintasan [N] ditentukan tiga dan delay time diperhitungkan antara masing-masing lintasan. Pada lampiran dapat dilihat hasil perhitungan delay spread untuk seluruh koordinat pada daerah

<sup>36</sup> William C. Y. Lee, *op.cit.*, hal 40

<sup>37</sup> *Ibid.*, hal 40

yang diteliti. Variasi nilai delay spread yang berbeda juga dipengaruhi dari struktur halangan dan lintasan antara tiap titik pada seluruh daerah cakupan.

## BAB V PENUTUP

---

### 5.1 Kesimpulan

1. Dalam pembuatan pemodelan propagasi gelombang dibutuhkan adanya profile terrain suatu daerah yang dapat mewakili secara detail keadaan terrain sesungguhnya, untuk itu dibutuhkan peta topographi yang mempunyai dimensi seteliti mungkin sehingga mampu mempresentasikan suatu pola topographi sesuai dengan pola alam sesungguhnya.
2. Bank data peta topographi dibutuhkan untuk mendapatkan dimensi peta topographi yang teliti, akurat dan terstruktur sehingga memudahkan pembentukan pemodelan gelombang secara tepat.
3. Pemodelan propagasi gelombang pada suatu terrain yang diteliti didasarkan pada alur rambatan vertikal dan transversal dari masing-masing titik pengamatan.
4. Perhitungan besarnya kuat medan pada titik penerima didasarkan pada pengamatan secara terpisah dari masing-masing titik bias sepanjang alur rambatan vertikal dan transversal dan penentuan titik-titik biasanya didasarkan pada halangan tertinggi dari tinggi bidang halangan untuk propagasi vertikal dan halangan terluar dari lebar bidang halangan untuk alur propagasi transversal.

5. Karakteristik halangan yang terjadi pada daerah cakupan diasumsikan akibat jenis halangan kubus yaitu halangan wedge tunggal dan halangan wedge ganda.
6. Karakteristik halangan dalam profile terrain mempengaruhi arah propagasi dari gelombang yang dikirim menuju titik pengamatan karena terjadi proses pembiasan pada media halangan yang mempunyai perbedaan arah sesuai dengan spesifikasi halangan yang dikenainya.
7. Fenomena perambatan gelombang mengacu pada sifat perambatan cahaya di udara sehingga dalam aplikasinya efektif untuk frekwensi diatas 900 MHz dan pada luas area yang diteliti maksimum  $1000 \times 1000$  meter-persegi.
8. Level sinyal yang dikirim mendapatkan peredaman sesuai dengan alur propagasinya berdasarkan fungsi jarak dan proses pembiasan terhadap tipe halangan yang ada dan mempunyai pengaruh tersendiri untuk masing-masing kejadian.
9. Terdapat perubahan dominan dari level kuat medan yang diterima pada titik pengamatan terhadap pengaruh halangan wedge tunggal dan wedge ganda.
10. Level penerimaan kuat medan terbagi atas tiga daerah penerimaan utama yaitu : daerah penerimaan tanpa adanya halangan sehingga fungsi redaman hanya berlaku sebagai fungsi jarak, daerah penerimaan

dengan tipe halangan tunggal dan daerah penerimaan dengan semua tipe halangan yang harus dilewati oleh alur propagasi yang terjadi.

11. Terdapat perbedaan hasil perhitungan redaman kuat medan dari proses simulasi dibanding dengan data referensi (mengacu pada data referensi COST321TD(90)) karena simulasi propagasi gelombang hanya memperhitungkan faktor pembiasan dan gelombang terpancar dari titik pancar ke penerima hanya diwakilkan oleh tiga arah pancaran gelombang.
12. Pada titik penerimaan besarnya level kuat medan yang diterima setelah melalui proses propagasi dengan arah sinyal datang yang berbeda-beda akan diredam oleh faktor pergerakan obyek yang diamati sehingga terjadi perubahan frekwensi penerima akibat efek doppler.
13. Terdapat pengaruh perubahan besarnya redaman kuat medan berdasar ukuran pixel luasan daerah yang diteliti dengan frekuensi kerja sistem.
14. Terdapat korelasi antara hasil perhitungan dengan analisa teoritis (deterministik) dengan hasil pengukuran menggunakan peralatan.
15. Perbandingan ukuran panjang gelombang transmisi dengan ukuran pixel harus besar.

## 5.2 Saran

Dengan selesainya pembuatan simulasi propagasi gelombang untuk perhitungan kuat medan pada daerah urban secara 3-D ini disarankan beberapa hal penting antara lain :

1. Untuk lebih mempermudah pemodelan propagasi gelombang diharapkan adanya kerjasama antara pihak penyedia data terutama untuk bank data peta topographi dengan pihak perencana sistem sehingga dapat memperlancar proses implementasi sistem tersebut.
2. Perlu adanya penambahan proses identifikasi yang lebih lengkap dari alur propagasi pada sebuah profile terrain terutama penambahan perhitungan proses pemantulan gelombang.
3. Alur propagasi yang dianalisa tidak terbatas hanya tiga jalur pengamatan saja tetapi diusahakan dapat jauh lebih banyak lagi sehingga pendekatan hasil perhitungannya dapat lebih sempurna untuk itu diperlukan sarana pendukung seperti komputer dengan resolusi tinggi yang dapat memproses data-data yang sangat besar secara cepat.
4. Karakteristik halangan yang terjadi diusahakan dapat lebih komplek lagi dengan bentuk-bentuk convex, kerucut, prisma atau bentuk lain yang mendekati keadaan sebenarnya dari terrain yang diamati di daerah urban.
5. Kondisi fisik terrain seperti hujan, panas dan bahan struktur pembentuk gedung-gedung diusahakan pula untuk dapat dianalisa dalam proses perhitungannya terutama untuk menentukan hasil perhitungan redaman kuat medan sehingga didapatkan hasil perhitungan yang lebih presisi.
6. Dengan selesainya program simulasi perhitungan kuat medan untuk propagasi gelombang dalam daerah urban secara tiga dimensi ini.

diusahakan dapat dilanjutkan dengan program aplikasi yang lebih tinggi lingkup pembahasannya seiring dengan perkembangan dunia telekomunikasi yang pesat.

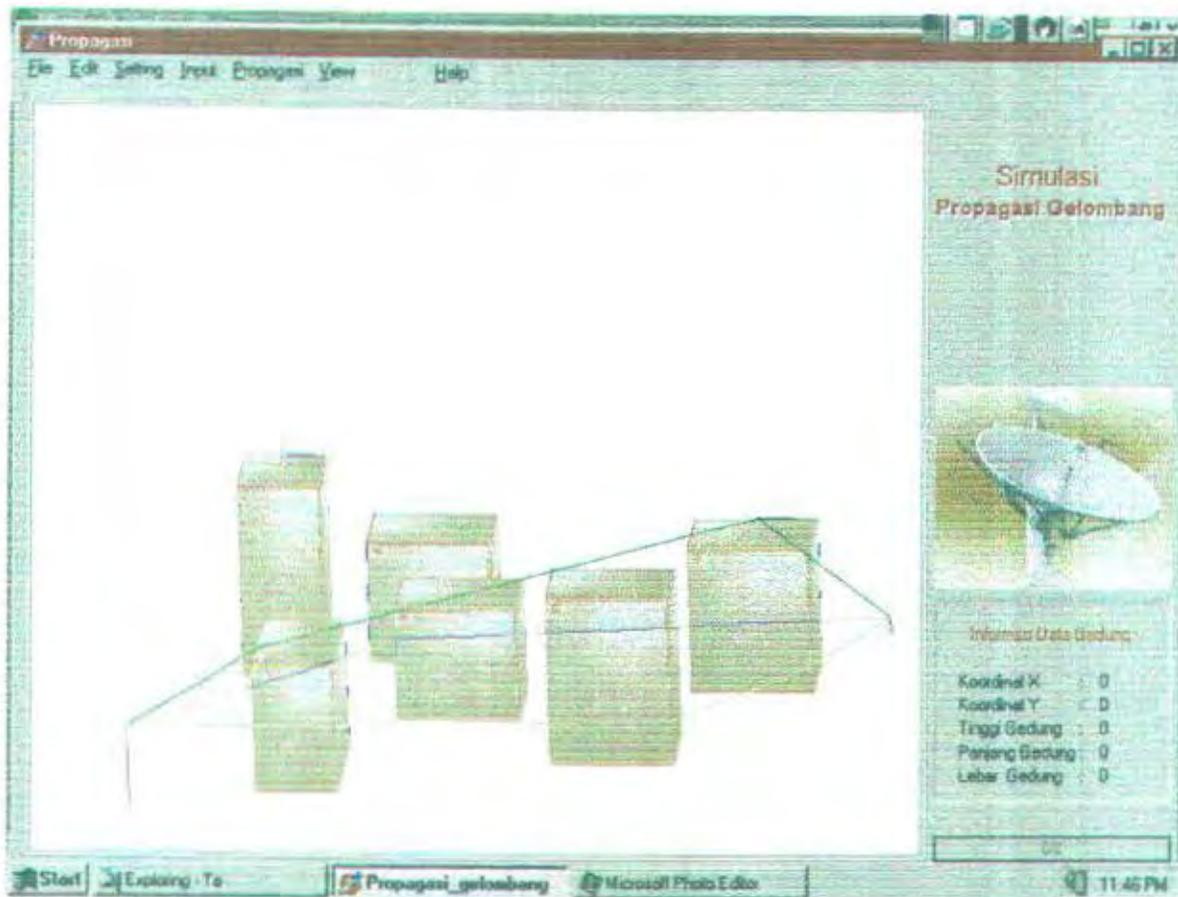
## DAFTAR PUSTAKA

---

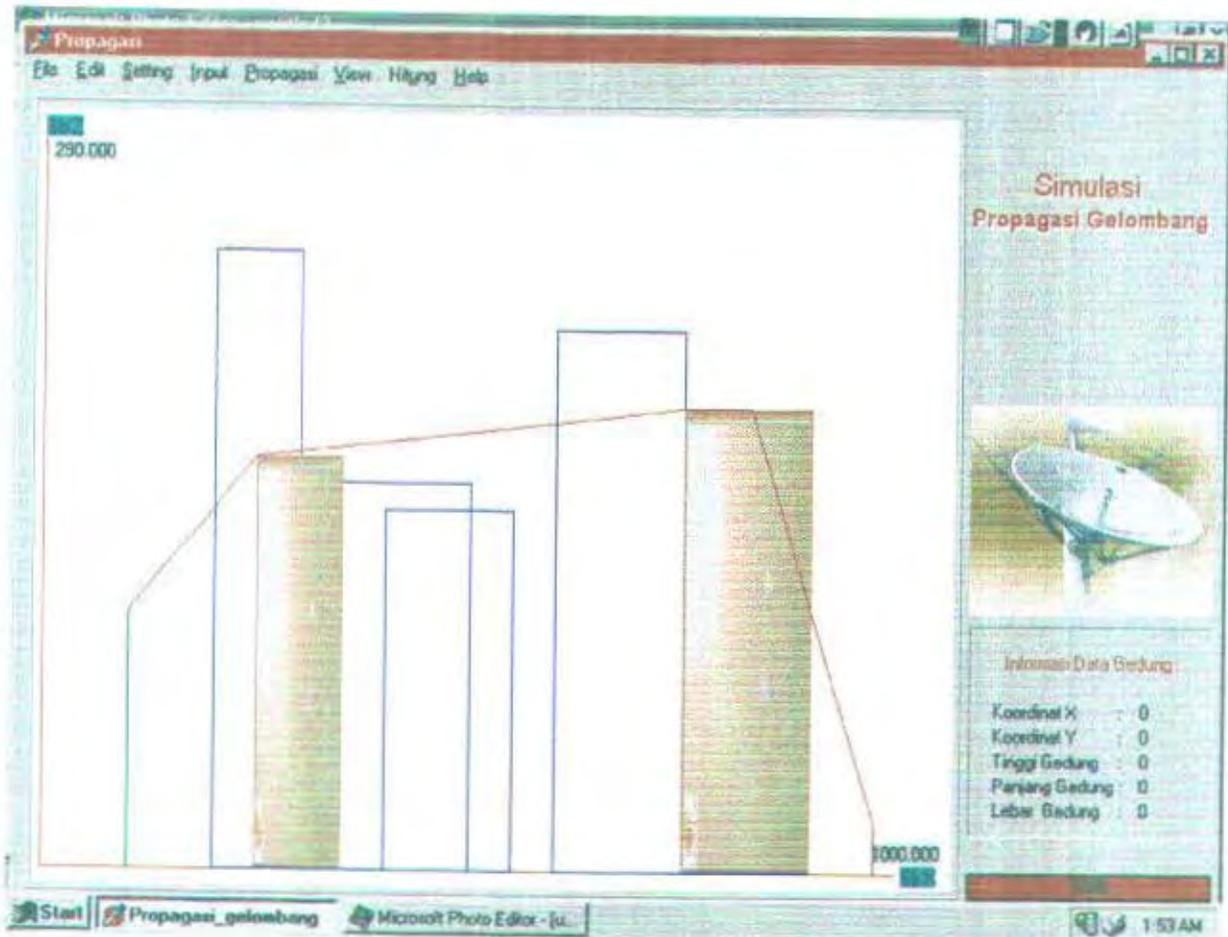
1. Lee, William C.Y. **Mobile Communication Engineering**, McGraw Hill Book, UK, 1982
2. Wolfgang Krank, **Ergebnisse**, Universitat Karlsruhe, 1992
3. Lee, William, C.Y. **Mobile Communication Design Fundamentals**, John Wiley & Sons Inc. Canada, 1993
4. Lee, William, C.Y. **Mobile Cellular Telecommunication Systems**, McGraw Hill Book, UK, 1989
5. Theodore S. Rappaport, **Wireless Communication Principle & Practice**, Prentice Hall PTR, Upper Sadle River New Jersey, 1996
6. D.A McNamara, C.W.I. Pistorius, J.A.G. Malherbe, **Introduction To The Uniform Geometrical Theory of Diffraction**, Artech House, London, 1990
7. Manfred Lebhaerz, **A Versatile Wave Propagation Model for The UHF/VHF Considering 3-D Terrain**, IEEE Jornal Vol 40 No 10, Oktober 1992
8. Thomas Kiiner, **Concepts and Results for 3D Digital Terrain-Based Wave Propagation Models: An Overview**, IEEE Jornal Vol 11 No 7, 1991
9. Xavier Pacheco & Steve Teixeira, **Delphi Develper's Guide**, Borland Press, 1996
10. Rudi Lumanto, Bambang H.T., **Study of Wave Propagation Model in Urban Areas**, Journal BPP Teknologi Dir TEI, 1995

11. R.J. Lubers, **Electromagnetic Scattering By 2-D Wedge Composed of Conductor and Lossless Dielectric**, IEEE Transaction On Antennas and Propagation, 4 April 1992
12. Dadson C.E. **Computer Prediction Of Field Strength in The Planning of Radio System**, ESSA, Transaction On Vehicular Technology, February 1975
13. T. Kurner, M.Lebherzh, W.Wiesbeck, W.Krank, **Signal Characteristic of The VHF/UHF Propagation Chanel**, IEEE AP-S International Simposium, Juni 1991
14. Arie Michaeli, **A Hybrid Asymptotic Solution for The Scattering by A pair of Parallel Perfectly Conducting Wedges**, IEEE Trasaction On Antennas and Propagation, 5 Mei 1990

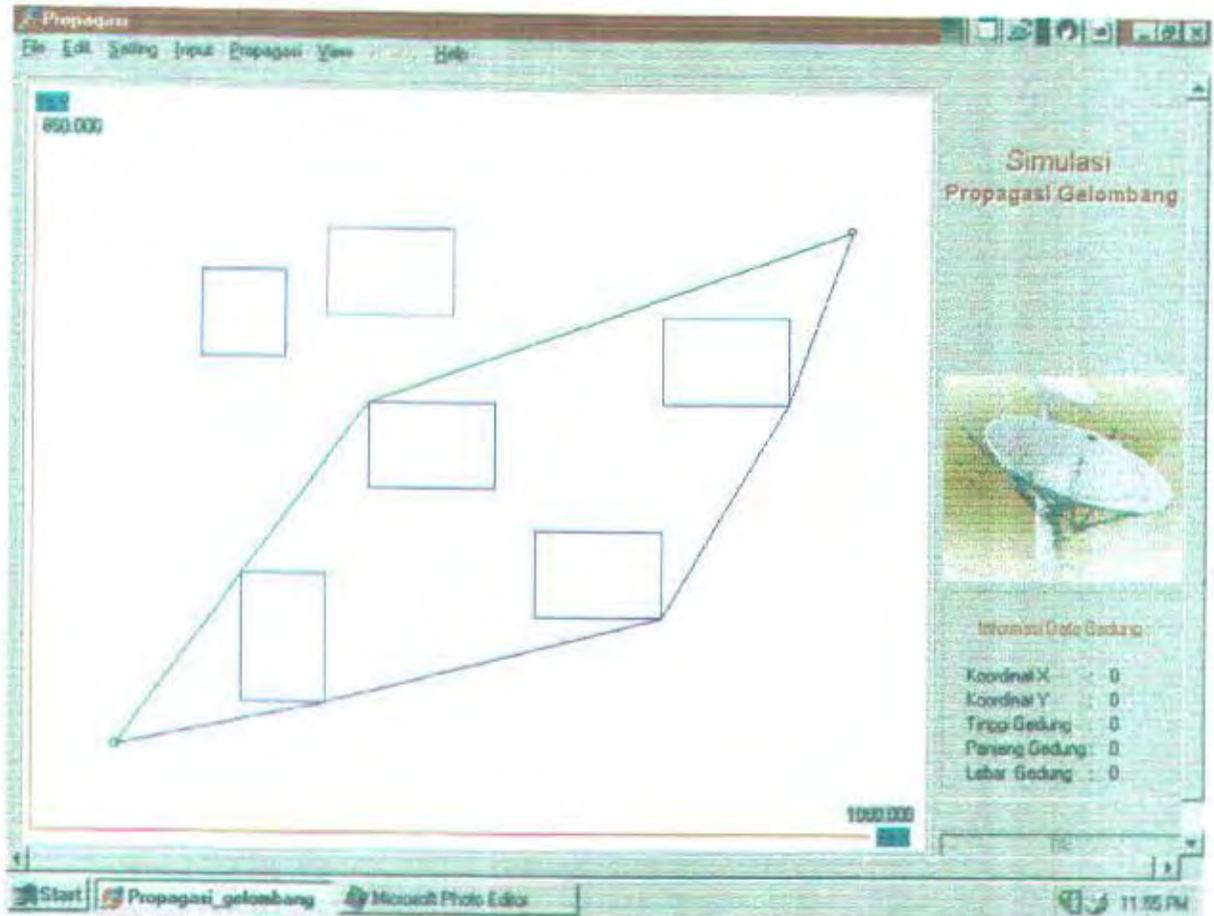
# PROFILE TERRAIN ARAH PANDANG TIGA DIMENSI



# PROFILE TERRAIN ARAH PANDANG VERTIKAL [FRONT VIEW]



# PROFILE TERRAIN ARAH PANDANG ATAS [TOP VIEW]



## HASIL PERHITUNGAN GRAFIS

Perhitungan Data Statistik

Data Statistik Propagasi Horisontal dan Vertikal

Vertikal

Jarak		Sudut	
	Jarak (m)		Sudut (d)
S0	626.518	Q1'	28.609
S1	481.649	Q1''	7.125
d	157.000	Q2'	82.850
S2	103.317	Q2''	0.000
		Q2'''	0.000

Transversal

Jarak			
Id Kiri	Jarak Kiri (m)	Id Kanan	Jarak Kanan (m)
S0	626.518	S0	578.730
S1	201.569	S1	273.923
d0	125.006	S2	114.131
S2	265.757		
S3	114.127		

Sudut			
Id Kiri	Sudut Kiri (derajat)	Id Kanan	Sudut Kanan (derajat)
Q1'	28.609	Q1'	9.950
Q1''	7.125	Q1''	68.579
Q2'	82.850	Q2'	21.412
Q2''	0.000	Q2''	28.910
Q2'''	0.000		

OK

Simulasi Propagasi Gelombang



Informasi Data Gedung

Koordinat X : 0  
 Koordinat Y : 0  
 Tinggi Gedung : 0  
 Panjang Gedung : 0  
 Lebar Gedung : 0

Start Propagasi\_gelombang Microsoft Photo Editor 12:02 AM

## HASIL PERHITUNGAN KUAT MEDAN PADA SELURUH LOKASI PENERIMAAN

**Propagasi**  
File Edit Setting Input Database View History Help

**Hasil Perhitungan**

**Hasil Perhitungan Kuat Medan di Beberapa Titik**

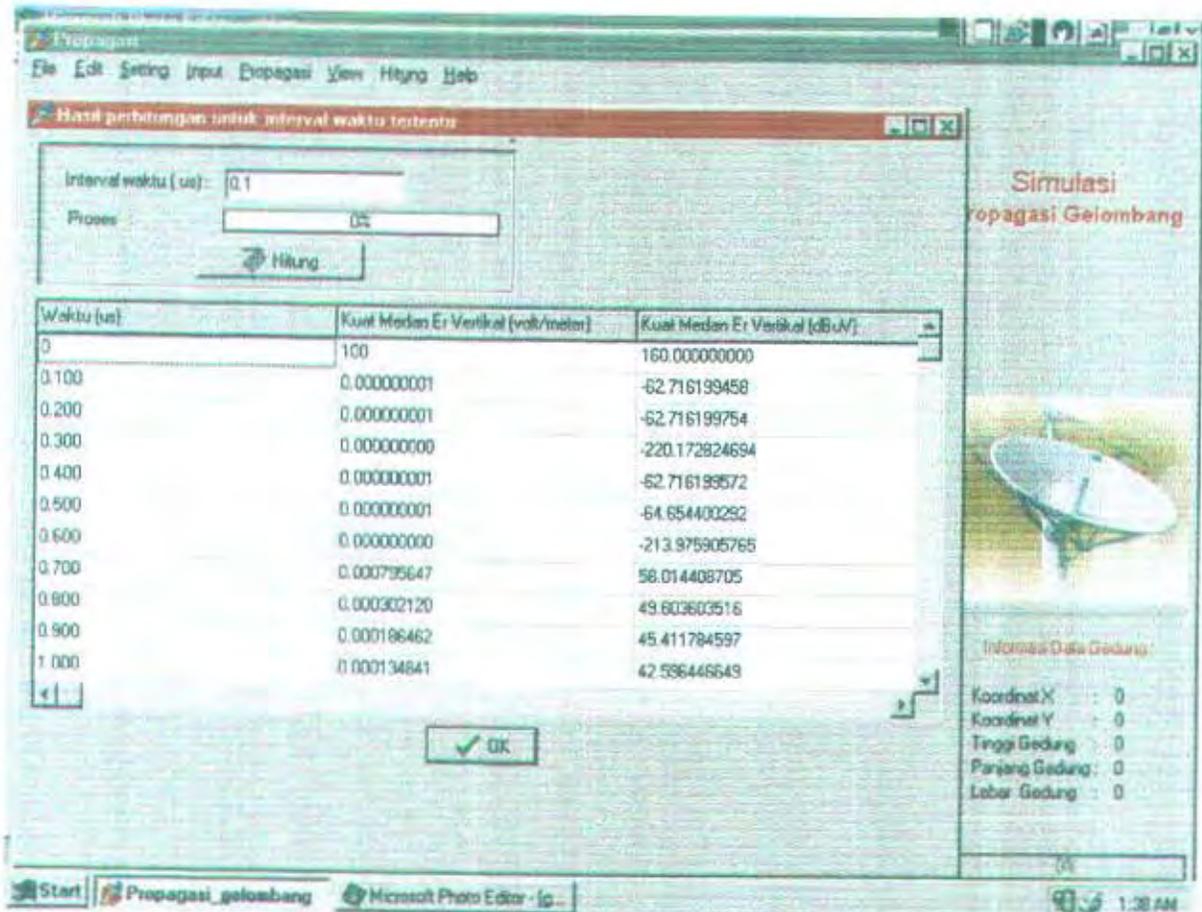
Nama Lokasi : C:\TAUTS2.ppt  
 Luas Area : 1000.000 x 650.000 (meter)  
 Koordinat Pemancar : [100.000 , 100.000]  
 Kuat Medan Pemancar: 100 (volt/meter)

Lokasi Koordinat [X,Y]	Kuat Medan Er (volt/meter)	Kuat Medan Er (dBuV)	Redaman pd Penerima (dBuV)	Time Delay Vert (us)	Time Delay
[0,0]	0.334894049	110.498148609	49.501851391	0.541602560	0.54160256
[0,50]	0.654080717	116.312626916	43.687373084	0.458257569	0.45825756
[0,100]	0.502120391	114.016157150	45.983842840	0.426874349	0.42687434
[0,150]	0.654080717	116.312626916	43.687373084	0.458257569	0.45825756
[0,200]	0.334894049	110.498148609	49.501851391	0.541602560	0.54160256
[0,250]	0.176830231	104.951130297	55.048869703	0.657436097	0.65743609
[0,300]	0.265150095	108.469835731	51.530164269	0.791622806	0.79162280
[0,350]	0.302586675	109.616999869	50.363004031	0.936304794	0.93630479
[0,400]	0.262408678	108.379563864	51.620436136	1.087300429	1.08730042
[0,450]	0.224527651	107.025396674	52.974603326	1.242308677	1.24230867
[0,500]	0.000000000	-234.976362473	394.976362473	1.400000000	1.40000000

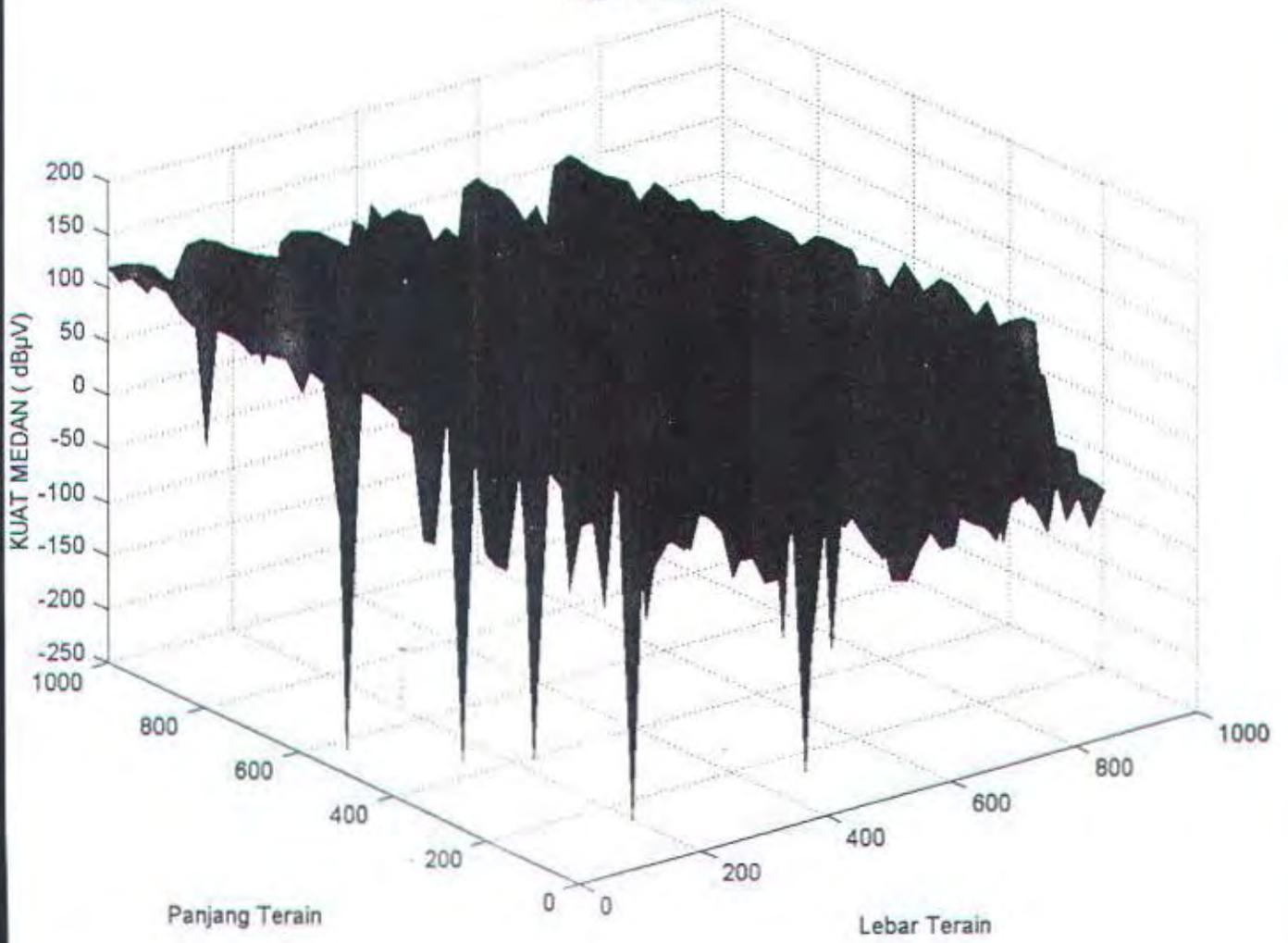
Save OK

Start Propagasi\_gelombang Microsoft Photo Editor - [a... 1:43 AM

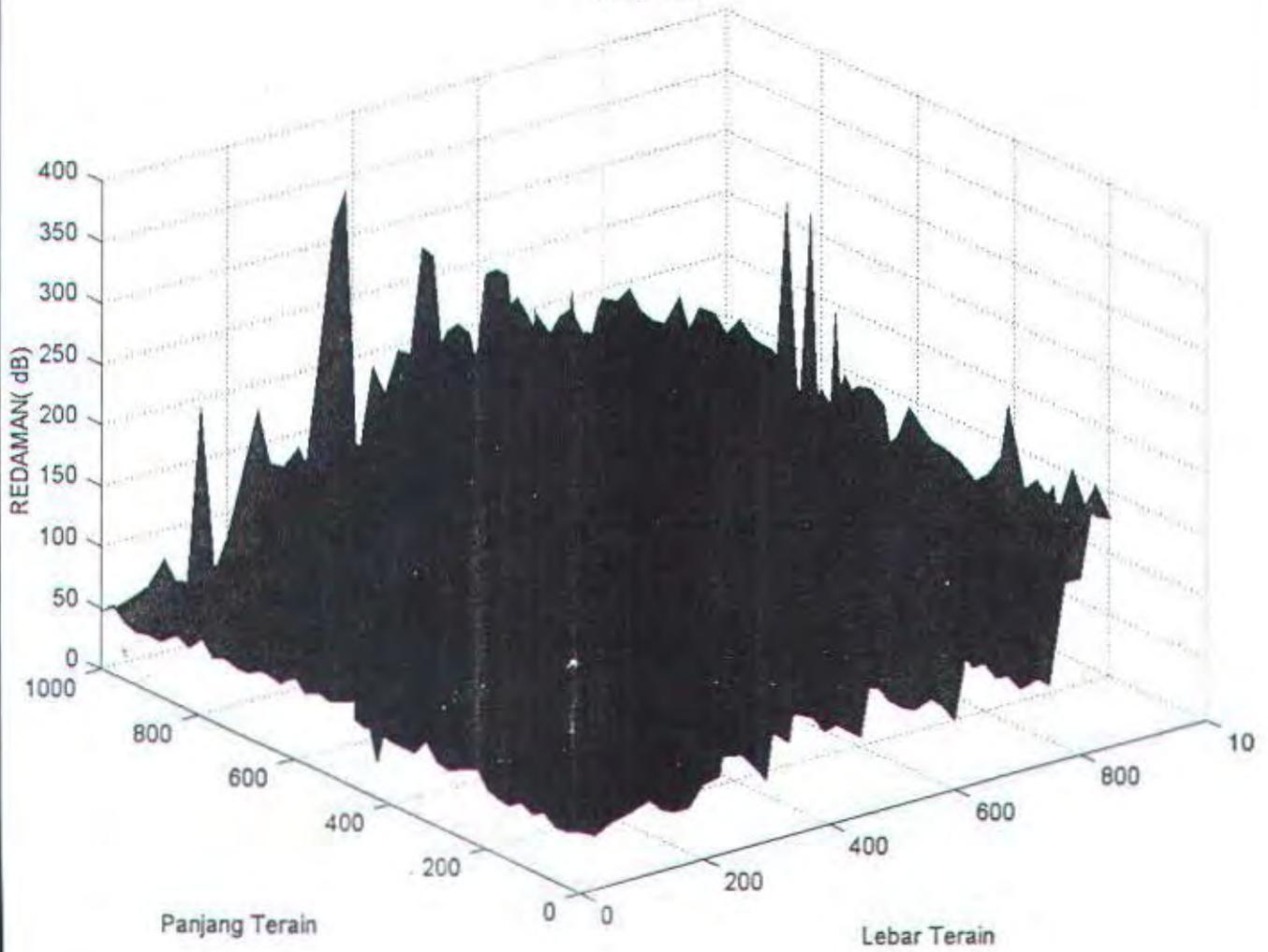
# HASIL PERHITUNGAN KUAT MEDAN TIAP LINTASAN ALUR GELOMBANG



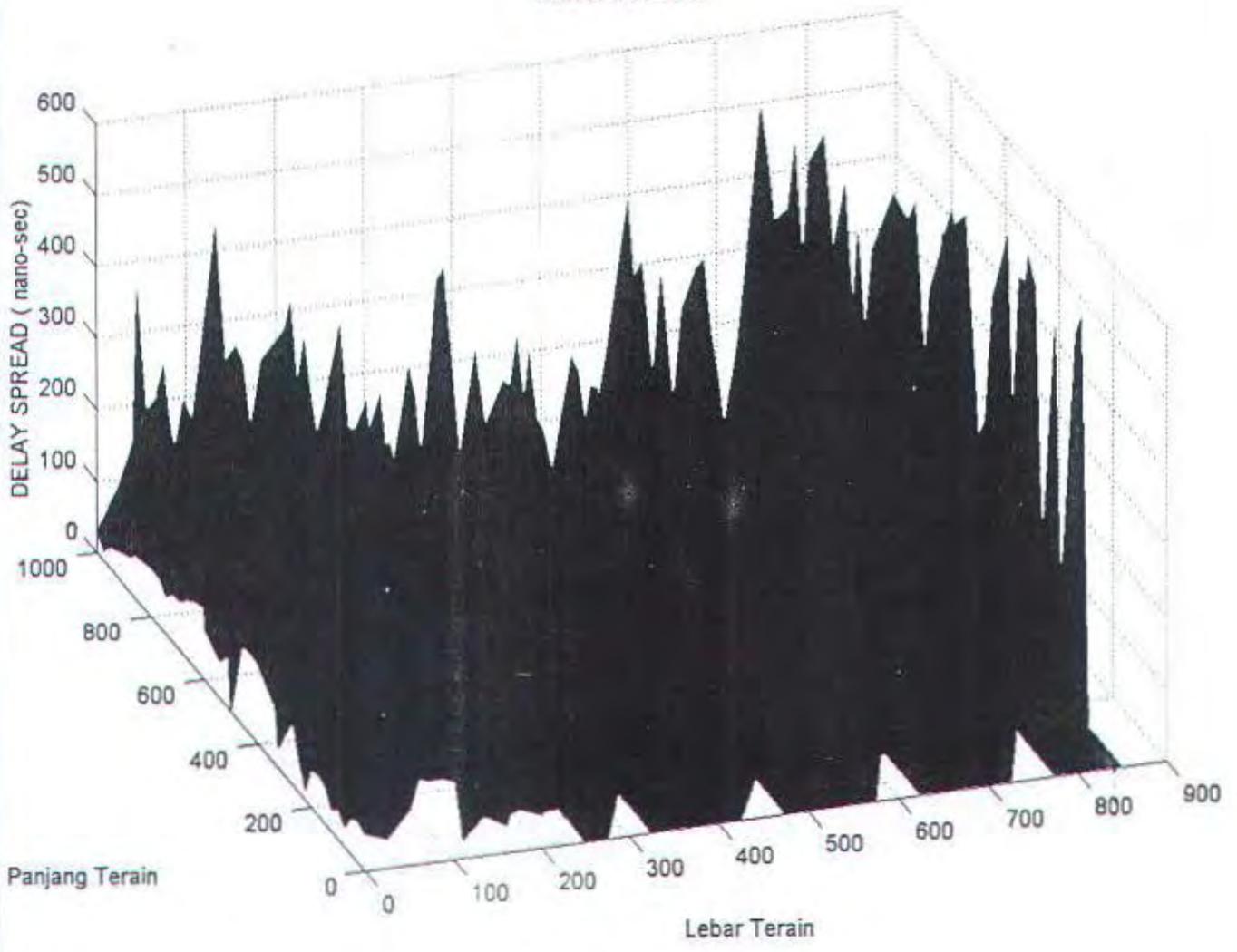
### KUAT MEDAN



# REDAMAN



### DELAY SPREAD



## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

---



Penulis dilahirkan di Semarang dengan nama Baju Setyawan, anak ke empat dari enam bersaudara dari keluarga Bp. R.Margono Martosoedjono, Ms dan ibu Astuti Hesti.

### RIWAYAT PENDIDIKAN :

1995-1998 : TEKNIK ELEKTRO-ITS MELALUI PROGRAM LINTAS JALUR

1991-1994 : POLITEKNIK ELEKTRONIKA & TELEKOMUNIKASI ITS

1990-1991 : TEKNIK SIPIL - FTSP ITS

1987-1990 : SMA NEGERI 3 SEMARANG

1984-1987 : SMP NEGERI 3 SEMARANG

1978-1984 : SEKOLAH DASAR NEGERI DIPONEGORO II SEMARANG

### RIWAYAT KERJA:

Oktober 1994 – Mei 1995 : P.T GALVA CORPORATION, CIKARANG

BEKASI, Sebagai Production Staff And Engineer.

EL 1799 TUGAS AKHIR – 6 SKS

Nama Mahasiswa : Baju Setyawan  
Nomor Pokok : 2295 100 501  
Bidang Studi : Teknik Telekomunikasi  
Tugas Diberikan : September 1997  
Dosen Pembimbing : Ir. Hang Suharto  
Judul Tugas Akhir :

**SIMULASI PERHITUNGAN KUAT MEDAN  
PADA PROPAGASI GELOMBANG RADIO  
UNTUK DAERAH URBAN DENGAN MODEL TIGA DIMENSI**

**Uraian Tugas Akhir**

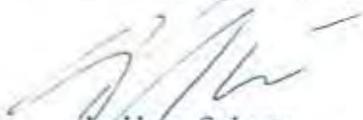
Pada propagasi gelombang radio, sistem komunikasi bergerak khususnya untuk daerah urban, pengetahuan tentang fenomena perambatan gelombang radio merupakan dasar utama pengembangan sistem komunikasi bergerak. Mekanisme perambatan ini dapat terjadi diantara medan elektromagnet dan berbagai obyek. Pada daerah urban, mekanisme ini terutama dikarakteristikan oleh efek multipath karena interaksi gelombang dengan gedung-gedung. Oleh karenanya sebuah model dari perambatan gelombang menjadi penting dan merupakan prasyarat utama untuk mendapatkan desain sistem yang optimum.

Pada tugas akhir ini disusun suatu perangkat lunak yang akan mensimulasikan perhitungan kuat medan yang diterima pada suatu lokasi tertentu dengan memasukkan profil gedung (building modelling), maupun struktur geografisnya dengan model 3-D.

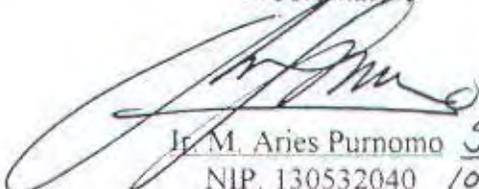
Diharapkan perangkat lunak ini dapat memberikan informasi untuk perencanaan suatu sistem komunikasi bergerak secara optimum dalam pelayanannya pada pemakai.

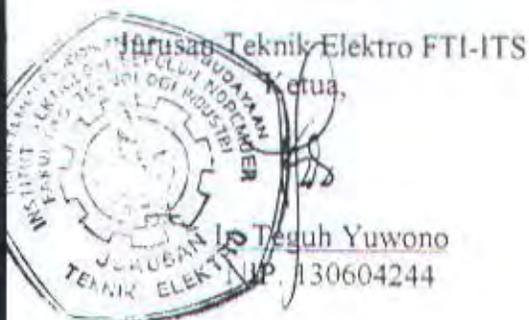
Surabaya, September 1997

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing

  
Ir. Hang Suharto  
NIP. 130520753

Mengetahui  
Bidang Studi Teknik Telekomunikasi  
Koordinator

  
Ir. M. Aries Purnomo  
NIP. 130532040



## Usulan Tugas Akhir

- JUDUL TUGAS AKHIR : SIMULASI PERHITUNGAN KUAT MEDAN PADA PROPAGASI GELOMBANG RADIO UNTUK DAERAH URBAN DENGAN MODEL TIGA DIMENSI
- B. RUANG LINGKUP : Transmisi Gelombang Elektromagnet  
Sistem Komunikasi  
Sistem Komunikasi Gelombang Mikro  
Sistem Komunikasi Bergerak  
Bahasa Pemrograman
- C. LATAR BELAKANG : Kondisi manusia yang terus bergerak mengharuskan adanya pengadaan jasa telekomunikasi yang dapat memberikan layanan pada setiap waktu dan tempat secara cepat dan akurat. Untuk mencermati keadaan diatas dibutuhkan suatu perencanaan sistem komunikasi bergerak yang dapat menangani pelayanan pemakai pada daerah cakupan (covrage area) yang lebih luas. Salah satu usaha dalam pemenuhan kondisi tersebut adalah pembuatan perangkat lunak yang akan mensimulasikan propagasi gelombang radio yang diterima pada suatu area tertentu pada daerah urban secara tiga dimensi. Dalam simulasi ini akan dihitung besarnya kuat medan yang diterima pengguna jasa di setiap titik dari daerah cakupan yang diinginkan. Jalur propagasi gelombang radio akan ditampilkan secara tiga dimensi, yaitu yang merambat secara vertikal dan horisontal sisi kanan ataupun horisontal sisi kiri dari jalur yang dilalui. Hasil perhitungan kuat medan pada setiap titik cakupan yang dikehendaki diharapkan dapat memberikan data yang akurat dalam perencanaan suatu sistem komunikasi bergerak.
- D. TUJUAN : Menentukan kuat medan di setiap titik pada daerah cakupan yang dikehendaki dan juga menghitung time delay dari setiap jalur propagasi yang dilalui untuk mendukung proses perencanaan sistem komunikasi bergerak dalam implementasinya di lapangan..

## E. PENELAAHAN STUDI

Pembuatan simulasi untuk propagasi gelombang radio pada daerah urban sangat bergantung pada efek multipath yang dikarakteristikan oleh multiple difraksi diantara gedung-gedung dan dengan memperhitungkan model profil fisik area yang dilingkupi dan faktor kecepatan dari media bergerak yang diamati. Model profil fisik untuk struktur gedung-gedungnya diperlukan untuk menentukan halangan (obstacle) yang dilewati oleh garis-garis propagasi sehingga alur propagasi pada daerah cakupan bisa dibentuk baik alur propagasi secara vertikal maupun propagasi horizontalnya. Alur propagasi yang melewati struktur bangunan dan struktur geografisnya akan membentuk sudut bias yang berguna untuk perhitungan kuat medan pada setiap titik yang dilalui jalur propagasi. Kecepatan media yang diamati pada daerah cakupan tertentu akan mempengaruhi level penerimaan kuat medan karena adanya faktor dopler. Penentuan tracing alur propagasi dibagi menjadi dua bagian besar, yaitu arah vertikal dan arah horizontal. Prinsip utama pada penentuan alur propagasi adalah dengan menarik terlebih dahulu titik pemancar langsung ke titik penerima yang diamati. Dari titik-titik yang dilalui pada garis tersebut akan ditentukan halangan-halangan tertinggi untuk arah vertikal dan halangan yang sejajar dengan titik pertama perpotongan antara alur propagasi dengan bidang halangan yang akan merambat dari sisi kanan bidang dan sisi kiri bidang. Penentuan kuat medan pada bagian penerima merupakan kontribusi dari garis-total pembiasan pada tiap titik sepanjang alur propagasi. Dari ketiga alur propagasi (vertical ray, left horizontal ray, right horizontal ray) akan menuju pada satu titik penerima dimana sinyalnya dapat saling memperkuat ataupun memperlemah. Diperhitungkan juga time delay antara ketiga sinyal yang merambat dalam masing-masing alur propagasinya. Garis-garis propagasi diatas ditentukan oleh garis-garis LOS, dan pembiasan yang dirangkum dalam satu matrik yang disebut Ray Transmission Matrix (RTM). Berdasar dari data matrik

perhitungan diatas dapat ditentuakn karakteristik propagasi yang dapat ditampilkan dalam bentuk :

- Keseluruhan area perhitungan kuat medan pada seluruh daerah cakupannya.
- Path profile pada ketiga alur propagasi yang dapat dipilah menjadi tiga alur propagasi secara sendiri.
- Profile struktur gedung dan geografis secara tiga dimensi.

#### F. METODOLOGI

- Mempelajari konsep pembiasan gelombang radio.
- Mempelajari konsep redaman pada perambatan gelombang.
- Menentukan logika pemrograman untuk alur propagasinya.
- Menganalisa perhitungan kuat medan pada setiap titik pada daerah cakupan.
- Menentukan total kuat medan pada titik penerima dan time delay untuk setia alur propagasi.

#### G. RELEVANSI

Diharapkan dari hasil tugas akhir ini dapat digunakan untuk simulasi perhitungan kuat medan pada daerah urban sehingga memudahkan proses perencanaan sistem komunikasi.

#### H. JADWAL KEGIATAN :

NO	Kegiatan	Bulan ke					
		1	2	3	4	5	6
1.	Studi Literatur	████████████████████					
2.	Pengumpulan Data		████████████████████				
3.	Pembuatan Perangkat Lunak			████████████████████			
4.	Validasi Perangkat Lunak				████████████████████		
5.	Penulisan naskah					████████████████████	

#### I. DAFTAR PUSTAKA

McNamara,D.A; Pistorius,C.W I; Melherbe,J.A.G; "Introduction to The Uniform Geometrical Theory Diffraction" ;Artech House.

Thomas Kiiner, Student Member,IEEE "Concept and Result for 3D Digital Terrain Bassed Wave Propagation Model : An Overview, September 1997.

# SIMULASI PROPAGASI GELOMBANG RADIO PADA DAERAH URBAN

## TUGAS AKHIR

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terbit	27-7-2000
Tempa	H
No. Agenda Prp.	21.1365

Disusun Oleh :

AVIEV AKHMAD  
NRP. 2294100120

RSE  
621.38411  
Akh  
S-1  
1999



JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
1999



**SIMULASI PROPAGASI GELOMBANG RADIO  
PADA DAERAH URBAN**

**TUGAS AKHIR**

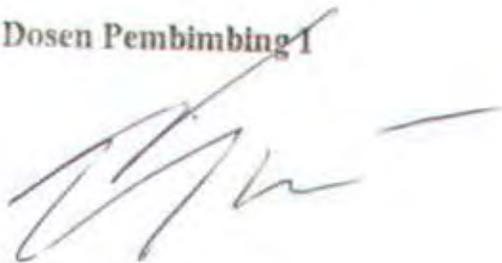
**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro**

**Pada**

**Bidang Studi Teknik Telekomunikasi  
Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya**

**Mengetahui / Menyetujui,**

**Dosen Pembimbing I**



**Ir. HANG SUHARTO, M.Sc.  
NIP. 130 520 753**

**Dosen Pembimbing II**

**Ir. BAMBANG HERU TJAHYONO  
NIP. 680 001 009**

**SURABAYA  
Agustus, 1999**

## ABSTRAK

---

*Perencanaan sistem komunikasi pada daerah urban sangat membutuhkan kecepatan dan keakuratan data untuk dapat menangani kebutuhan informasi pemakai yang terus meningkat sesuai dengan tingkat mobilitas manusia yang makin tinggi. Dibutuhkan suatu metoda dengan menggabungkan teknologi komputer sebagai pemroses data dan teknologi komunikasi yang akan meningkatkan ketepatan dan kecepatan dalam perencanaan suatu sistem komunikasi di daerah urban.*

*Propagasi gelombang pada daerah urban sangat bergantung kepada efek multipath yang dikarakteristikan oleh multiple refreksi dan difraksi diantara gedung-gedung. Oleh karena itu pengembangan model perambatan gelombang mengacu pada dua proses utama yaitu : model profil untuk struktur gedung-gedungnya dan model pendekatan untuk perhitungan kuat medan dan redaman propagasi. Disini model pendekatan perambatan gelombang dilakukan dengan membagi lintasan propagasi menjadi lintasan propagasi transversal, lintasan propagasi vertikal dan lintasan propagasi pantulan yang berada pada plane of incident. Perhitungan dilakukan dengan metode deterministik murni dengan menerapkan Uniform Geometrical Theory of Diffraction.*

*Hasil yang diperoleh dari simulasi menunjukkan adanya minimal tiga tipe daerah penerimaan yang berbeda yaitu daerah yang menerima secara langsung sinyal dari pemancar, daerah yang menerima sinyal pantul, dan daerah shadowing yang menerima sinyal terdifraksi. Namun perpaduan diantara ketiga daerah tersebut lebih dominan terdapat dalam simulasi ini.*

## KATA PENGANTAR

---

Syukur Alhamdulillah kehadiran Allah SWT atas rahmat yang telah dilimpahkan, sehingga laporan tugas akhir yang berjudul **Simulasi Propagasi Gelombang Radio pada Daerah Urban** dapat terselesaikan dengan baik.

Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada berbagai pihak yang telah ikut membantu memperlancar kegiatan pembuatan tugas akhir ini maupun dalam penyusunan laporan ini, antara lain kepada:

1. Bapak Ir. Hang Suharto, Msc, selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan arahan dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Bapak Ir. Bambang Heru Tjahyono selaku pembimbing dari BPPT yang sangat membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.
3. Bapak Ir. Teguh Yuwono selaku ketua jurusan.
4. Bapak Ir. Aries Purnomo selaku koordinator bidang studi teknik telekomunikasi jurusan teknik elektro ITS Surabaya yang telah memberikan persetujuan.
5. Seluruh staf Departemen Teknologi Elektronika dan Informatika, BPPT, Jakarta
6. Orang tua dan saudara-saudara saya yang selalu memberikan dukungan moril dan materil dalam penyelesaian tugas akhir ini.
7. Rekan rekan yang sangat membantu: Imron R, Andik Sugeng, Andrew, Heru, Amarilin, Amanda, Anggraini dan juga semua pihak yang tidak mungkin disebutkan satu persatu

Tidak lupa ucapan maaf kami sampaikan kepada semua pihak atas segala ketidaksempurnaan dalam penyusunan laporan ini dan semoga apa yang telah kami berikan ini bermanfaat.

Surabaya, 25 Juli 1999

Penyusun

## DAFTAR ISI

---

JUDUL .....	i
PENGESAHAN .....	ii
ABSTRAK .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	viii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Permasalahan .....	2
1.3 Pembatasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan .....	5
1.5 Metodologi .....	5
1.6 Langkah - Langkah Pembahasan .....	6
1.7 Relevansi .....	7
<b>BAB II TEORI PENUNJANG</b>	
2.1 Umum .....	8
2.2 Propagasi Radio Mobil pada Daerah Urban .....	9
2.2.1 Multipath Fading .....	10
2.2.2 Efek Doppler .....	11
2.2.3 Delay Spread .....	13
2.3 Mekanisme Perambatan Gelombang .....	14
2.3.1 Kondisi Line of Sight .....	15
2.3.2 Pemantulan Gelombang .....	16
2.3.3 Difraksi Gelombang .....	21
2.3.3.1 Pembiasan oleh halangan wedge tunggal .....	21
2.3.3.2 Pembiasan Oleh Halangan Wedge Ganda .....	23
2.4 Pemanfaatan Bank Data dalam Permodelan Propagasi .....	26
2.4.1 Struktur Data Ruster .....	27
2.4.1 Pembangkitan Citra 3D .....	29
<b>BAB III PEMBUATAN PROGRAM SIMULASI</b>	
3.1 Umum .....	32
3.2 Lintasan Propagasi Utama .....	32
3.3 Pembacaan Data Ruster .....	34
3.4 Parameter Masukan Program .....	35
3.5 Pembentukan Lintasan Propagasi Utama .....	36
3.5.1 Lintasan Propagasi Vertikal .....	37
3.5.2 Lintasan Propagasi Transversal .....	40
3.6 Penentuan titik pantul .....	43

3.7	Perhitungan Kuat Medan Pada Titik-Titik Dominan.....	45
3.7.1	Proses perhitungan pada halangan wedge tunggal.....	46
3.7.2	Proses perhitungan pada wedge ganda.....	48
3.7.3	Perhitungan sinyal pantul.....	49
3.8	Perhitungan delay spread.....	51
3.9	Diagram Alur Program.....	53

#### **BAB IV HASIL PEMROGRAMAN**

4.1	Menu Utama Program.....	60
4.1.1	Menu file.....	60
4.1.2	Menu Edit.....	62
4.1.3	Menu Input.....	63
4.1.4	Menu View.....	64
4.1.5	Menu Hitung.....	64
4.1.6	Menu Options.....	65
4.1.7	Menu Help.....	66
4.2	Analisa hasil Perhitungan.....	67

#### **BAB V PENUTUP**

5.1	Kesimpulan.....	72
5.2	Saran.....	73

<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>74</b>
----------------------------	-----------

#### **LAMPIRAN**

1. Gambar Hasil Pemrograman.
2. Riwayat Hidup.

## DAFTAR GAMBAR

---

GAMBAR 2.1 : ILUSTRASI EFEK DOPPLER.....	11
GAMBAR 2.2 : EFEK DOPPLER.....	13
GAMBAR 2.3 : DELAY SPREAD.....	13
GAMBAR 2.4 : KONDISI LINE OF SIGHT.....	16
GAMBAR 2.5 : PANTULAN GELOMBANG TERPOLARISASI HORIZONTAL (A) DAN VERTIKAL (B).....	18
GAMBAR 2.6 : ILUSTRASI PANTULAN GELOMBANG.....	20
GAMBAR 2.7 : DIFRAKSI OLEH HALANGAN TUNGAL.....	22
GAMBAR 2.8 : POLA HALANGAN WEDGE GANDA.....	24
GAMBAR 2.9 : ARAH PANCAR SINAR PADA WEDGE GANDA.....	25
GAMBAR 2.10: STRUKTUR DATA RUSTER.....	27
GAMBAR 2.11: CONTOH DATA RUSTER.....	28
GAMBAR 2.12: VISUALISASI DATA RUSTER PADA GAMBAR 2.11.....	28
GAMBAR 2.13: GAMBAR FRAME KUBUS 3D.....	30
GAMBAR 2.14: POLA PENYUSUNAN TITIK DAN GARIS.....	31
GAMBAR 3.1 : LINTASAN PROPAGASI DALAM BIDANG VERTIKAL DAN TRANSVERSAL.....	31
GAMBAR 3.2 : PERUBAHAN KE DATA VEKTOR.....	36
GAMBAR 3.3 : TRACING DARI TX KE RX.....	37
GAMBAR 3.4 : DATA BARU HASIL TRACING GAMBAR 3.3.....	38
GAMBAR 3.5 : PENENTUAN LINTASAN PROPAGASI VERTIKAL.....	40
GAMBAR 3.6 : PENAMPANG TRANSVERSAL PADA PROFIL 3D.....	42
GAMBAR 3.7 : DATA TRANSVERSAL YANG MERUPAKAN IRISAN GEDUNG DENGAN BIDANG TRANSVESAL.....	42
GAMBAR 3.8 : DATA TERRAIN KANAN.....	43
GAMBAR 3.9 : PANTULAN PADA PLANE OF INCIDENT.....	44
GAMBAR 3.10: PANTULAN PADA OBJEK 3D.....	45
GAMBAR 3.11: CONTOH POLA HALANGAN.....	51
GAMBAR 4.1 : DATA POLA TERRAIN COST321TD(90).....	67
GAMBAR 4.2 : PEMBAGIAN DAERAH PENERIMAAN PADA POLA PROFILE.....	68
GAMBAR 4.3 : GRAFIK REDAMAN HASIL PERHITUNGAN PROGRAM.....	70
GAMBAR 4.4 : GRAFIK REDAMAN DARI COST321TD.....	71

# BAB I

## PENDAHULUAN

---

### 1.1 Latar Belakang.

Dengan semakin pesatnya perkembangan teknologi informasi yang didukung oleh perkembangan teknologi komputer mendorong integrasi yang lebih nyata antar kedua teknologi tersebut. Perpaduan antara teknologi komunikasi dan teknologi komputer sangat mendukung perkembangan teknologi komunikasi yang seiring dengan berjalannya waktu harus mampu melayani aktivitas manusia yang cenderung bergerak dalam dimensi ruang dan waktu dengan cepat. Usaha-usaha manusia untuk menggabungkan teknologi komunikasi dan komputer adalah bertujuan untuk membentuk suatu sistem informasi yang memadai bagi kepentingan masyarakat luas.

Dengan semakin pesatnya perkembangan teknologi komputer mempermudah pengguna dalam pengolahan dan pengiriman informasi dengan tingkat keakuratan tinggi dan kecepatan pengolahan data yang sangat cepat. Sebagai tindak lanjut pemanfaatan teknologi komputer, disusunlah suatu perangkat lunak yang mampu mensimulasikan sistem komunikasi bergerak, dalam hal ini propagasi gelombang radio, yang akan sangat membantu dalam proses perencanaan sistem komunikasi terutama sistem komunikasi bergerak. Pemanfaatan perangkat lunak komputer pada perencanaan sistem komunikasi diharapkan dapat menghasilkan proses implementasi sistem yang lebih teliti dan lebih akurat dengan keandalan tinggi.

Berdasar uraian diatas, dalam teknologi komunikasi terutama untuk sistem komunikasi bergerak, telah dikembangkan beberapa metode untuk menciptakan suatu perangkat lunak sebagai sarana untuk menerapkan sistem perencanaan dan imple-

mentasi. Dalam pembuatan perangkat lunak ini digunakan metode pensimulasian propagasi gelombang radio, dengan menerapkan pemodelan sinyal propagasi pada suatu sistem komunikasi bergerak, yang dapat diklasifikasikan dalam tiga cara yaitu : *empirical, deterministic dan semi-deterministic*. Empirical model terdiri dari diagram data dan perhitungan path loss yang dianalisa secara statistik dalam sejumlah besar pengukuran dengan menggunakan peralatan pengukuran yang handal yang berakibat pada pemenuhan biaya pengukuran yang relatif tinggi. Untuk model deterministic dan semi-deterministic proses pengukuran dilakukan dengan menganalisa secara teori konsep - konsep propagasi gelombang yang kemudian diterapkan pada informasi fisik dari data geografis suatu daerah.

Pemodelan propagasi gelombang telah berkembang menjadi berbagai macam sistem sesuai dengan klasifikasi pemodelan diatas, diantaranya adalah : Hatta Empirical Model, Durkin's Model, Walfish-Ikegami Semi Deterministic Model, *Uniform Geometrical Theory Of Diffraction (UTD)* Deterministic Model. *Model Geometrical Uniform Theory Of Diffraction (UTD)* menggunakan deterministic murni dengan menerapkan informasi terrain dengan mengamati kondisi fisik suatu halangan dari suatu daerah tertentu. Model UTD inilah yang digunakan dalam pembuatan tugas akhir ini, dengan pertimbangan adanya kemudahan dalam pemanfaatan teknologi komputer dalam proses perhitungannya serta keterbatasan alat pengukuran, waktu dan dana bila menggunakan model non-deterministic.

## 1.2 Permasalahan

Pada sistem komunikasi bergerak pengaruh kondisi fisik geografis suatu daerah akan dominan dalam perencanaan jaringan telekomunikasi sehingga dibutuhkan in-

formasi data yang lengkap dari letak geografis suatu daerah yang menjadi jangkauan pelayanannya. Kegagalan pelayanan pada suatu area tertentu sedini mungkin harus dapat dihindari dengan perencanaan yang akurat dari setiap faktor pendukung sistem. Untuk mengurangi tingkat kegagalan dalam perencanaan suatu sistem dibuatlah pemodelan atau simulasi propagasi gelombang radio. Adapun yang menjadi pokok permasalahan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Pembentukan pemodelan propagasi gelombang radio pada daerah urban dalam tiga dimensi.
2. Penentuan jenis halangan yang ada pada pemodelan propagasi pada daerah urban.
3. Perhitungan kuat medan pada setiap titik di daerah urban dengan memperhatikan struktur halangan diantara pemancar dengan titik observasi tersebut.

### 1.3 Pembatasan Masalah

Dalam tugas akhir ini, permasalahan yang dikaji dibatasi menjadi beberapa hal yaitu :

1. Menggunakan *Uniform Geometrical Theory of Diffraction* dalam penentuan dan perhitungan alur sinyal propagasinya.
2. Daerah yang diamati adalah daerah perkotaan ( urban ) dengan ukuran objek / gedung yang jauh lebih besar dibandingkan dengan panjang gelombang sinyal pemancar.
3. Diasumsikan pola geografis pada daerah pengamatan merupakan konduktor sempurna.

4. Penerapan perhitungan akibat adanya pola halangan antara pemancar dan penerima diasumsikan akibat pengaruh pembiasan (*diffraction*) dan pemantulan (*reflections*)
5. Diasumsikan pembiasan terjadi pada bidang vertikal dan bidang transversal
6. Bentuk fisik gedung pada daerah yang diamati diasumsikan homogen berbentuk kubus dengan permukaan yang halus.
7. Diasumsikan kuat medan yang dihitung hanya disebabkan oleh satu pemancar sehingga efek interferensi oleh pemancar lain diabaikan.

Pembahasan pada tugas akhir ini dititikberatkan pada perhitungan tingkat kuat medan, namun demikian *delay spread* dan *mean delay* yang terjadi juga dihitung. Dengan mengasumsikan bahwa signal sebagai cahaya pada frekuensi tinggi yang berubah fase dan amplitudonya akibat adanya proses pembiasan, pemantulan dan peredaman. Untuk itulah dipergunakan sistem UTD sebagai sistem yang menerapkan konsep-konsep propagasi gelombang dalam perhitungan alur propagasi suatu signal setelah melalui berbagai tipe halangan dalam profile yang dikehendaki.

Perhitungan tingkat kuat medan pada penerima dilakukan secara parsial di suatu titik pengamatan dengan berdasar pada analisa secara terpisah dari tiap titik halangan yang dilalui. Secara umum propagasi gelombang yang akan disimulasikan terbagi menjadi tiga gelombang dasar yaitu gelombang langsung, gelombang pantul, dan gelombang bias akibat adanya halangan disekitar pemancar dan penerima. Propagasi gelombang akan diamati melalui arah vertikal, arah transversal kiri dan transversal kanan dari halangan - halangan yang ada. Penentuan titik - titik penga-

matan arah vertikal dan transversal dilakukan dengan mendeteksi titik - titik tertinggi dan terluar dari setiap halangan yang muncul.

Pola terrain diasumsikan sebagai daerah perkotaan ( urban ) dengan kondisi fisik penyusunnya adalah konduktor sempurna, sehingga konsep UTD dapat diterapkan dalam menentukan titik bias suatu halangan.

#### **1.4 Tujuan**

Tujuan tugas akhir ini adalah membuat perangkat lunak untuk mensimulasikan propagasi gelombang radio pada daerah urban untuk sistem komunikasi bergerak dengan menggunakan metode *Uniform Geometrical Theory of Diffraction*.

Diharapkan perangkat lunak ini dapat dipergunakan untuk memprediksikan propagasi gelombang radio pada suatu area tertentu sehingga dapat membantu perencanaan sistem komunikasi bergerak secara akurat terutama sekali untuk penentuan tingkat kuat medan, delay spread dan delay time yang diterima di suatu area liputan yang dikehendaki.

#### **1.5 Metodologi**

Metode yang digunakan dalam pembuatan perangkat lunak ini didasarkan pada studi literatur dari buku-buku, majalah, jurnal teknik telekomunikasi. Pembuatan perangkat lunak menggunakan teknik pengolahan dengan bahasa pemrograman Delphi ( Borland Delphi 3.0 ). Dari konsep - konsep propagasi gelombang, perhitungan redaman akibat pembiasan dan redaman jarak tempuh gelombang, sesuai dengan konsep UTD, diolah perhitungan - perhitungannya dengan konsep pemrograman

yang efisien, selanjutnya dibuat suatu validasi program dari data yang telah diperoleh serta membuat kesimpulan dari seluruh pembahasan yang telah dikerjakan.

### **1.6 Langkah - Langkah Pembahasan**

Pembahasan dalam tugas akhir ini secara umum dapat diuraikan sebagai berikut :

- Bab I : sebagai pendahuluan, membahas pandangan umum latar belakang pembuatan perangkat lunak propagasi gelombang pada sistem komunikasi bergerak, permasalahan dan batasannya, tujuan pembuatan perangkat lunak dan metodologi yang digunakan.
- Bab II : membahas konsep dasar pemodelan propagasi gelombang pada sistem komunikasi bergerak, meliputi teori pembiasan, pemantulan, pembuatan data terrain untuk pemodelan propagasi, penentuan karakteristik kuat medan, pembuatan profile sepanjang alur propagasi, frekwensi doppler, penentuan jenis halangan dominan.
- Bab III : membahas alur logika perangkat lunak propagasi gelombang dan implementasinya ke bahasa pemrograman.
- Bab IV : membahas fasilitas program dan menganalisa hasil pemrograman yang telah dibuat dan membuat validasi dari hasil perhitungannya.
- Bab V : merupakan kesimpulan dari pembuatan perangkat lunak propagasi gelombang disertai dengan saran untuk perbaikan dan pengembangan simulasi ini.

### **1.7 Relevansi**

Perangkat ini diharapkan dapat membantu perencanaan sistem komunikasi bergerak yang telah ada sehingga dapat meningkatkan akurasi dan keandalan sistem.

## BAB II

### TEORI PENUNJANG

---

#### 2.1 Umum

Pada lingkungan komunikasi bergerak khususnya daerah perkotaan, pengetahuan tentang fenomena perambatan gelombang radio merupakan dasar utama pengembangan sistem komunikasi bergerak. Mekanisme perambatan ini dapat terjadi di antara medan elektromagnetik dan berbagai obyek. Pada daerah perkotaan mekanisme ini terutama dikarakteristikkan oleh efek *multipath* karena interaksi antara gelombang dengan gedung - gedung. Oleh karenanya sebuah model perambatan gelombang menjadi penting dan merupakan prasyarat utama untuk mendapatkan desain sistem yang optimum. Telaah model propagasi gelombang untuk pengembangan perangkat lunak perencanaan sistem komunikasi bergerak mutlak diperlukan untuk optimasi sistem yang sudah ada.

Fenomena yang kerap kali terjadi dalam sistem komunikasi bergerak adalah fading. Fading digunakan untuk menggambarkan fluktuasi yang cepat dari amplitudo gelombang radio pada interval waktu yang pendek. Pada daerah urban fading terjadi karena ketinggian penerima berada dibawah struktur objek yang mengelilinginya sehingga kondisi *line of sight* sangat jarang terjadi. Namun demikian pemancar masih saja dapat menerima sinyal yang dipancarkan, hal ini dikarenakan adanya mekanisme difraksi gelombang oleh struktur halangan. Bahkan pada saat kondisi *line of sight* terpenuhi, *multipath* masih saja terjadi yang diakibatkan karena pantulan permukaan bumi atau akibat pantulan struktur sekitar.

Dari penjelasan diatas dapat dibayangkan bahwa bagian yang bergerak akan banyak menerima gelombang, baik gelombang langsung maupun gelombang akibat pembiasan dan pemantulan. Gelombang akibat pembiasan dan pemantulan diterima bagian yang bergerak dari berbagai sudut penerimaan, relatif mempunyai kuat medan lebih kecil dibanding gelombang yang datang secara langsung. Dari uraian diatas, terlihat untuk mengenali sifat atau karakter kanal sistem komunikasi radio bergerak merupakan tugas yang tidak mudah.

## 2.2 Propagasi Radio Mobil pada Daerah Urban.

Banyaknya gedung dan struktur lain dalam daerah urban menyebabkan terjadinya perambatan gelombang secara *multipath*. Situasi *multipath* ini disebabkan adanya pemantulan dan penghamburan oleh struktur sekitar penerima.

Gelombang radio tiba di penerima bergerak berasal dari arah yang berlainan dan delay waktu yang berlainan pula, yang terdiri dari gelombang langsung, gelombang pantul, dan gelombang terdifraksi. Sehingga pada antena penerima, level gelombang yang diterima berupa resultan vektor dari beberapa sinyal yang datang.

Penerima bergerak dari satu tempat ketempat lainnya, sehingga fase dari gelombang yang datang sangat bervariasi, dengan demikian besarnya resultan sinyal berubah-ubah. Hal ini juga berkaitan erat dengan kecepatan gerak dari penerima yang dapat menimbulkan efek doppler atau pergeseran doppler pada komponen frekuensi yang diterima

### 2.2.1 Multipath Fading.

Seperti di uraikan diatas fading digunakan untuk menggambarkan fluktuasi yang cepat dari amplitudo gelombang radio pada interval waktu yang pendek. Fading disebabkan karena interferensi dua sinyal atau lebih yang diterima penerima pada waktu yang berbeda. Sinyal demikian dinamakan sinyal *multipath*, yang berkombinasi pada antena penerima sehingga memberikan resultan amplitudo dan fase sinyal yang bervariasi.

Terdapat beberapa faktor fisik yang dapat mempengaruhi terjadinya fading, faktor-faktor tersebut antara lain:

- Propagasi *multipath*.

Keberadaan objek pemantul dan penghambur menyebabkan sinyal mengalami disipasi energi sebelum sampai ke receiver. Hal ini mengakibatkan resultan dari sinyal yang datang ke receiver memiliki amplitudo, fase serta waktu kedatangan yang berlainan.

- Kecepatan penerima

Kecepatan relatif antara transmitter dengan receiver menyebabkan terjadinya frekuensi modulasi secara random. Hal ini terjadi karena tiap-tiap komponen sinyal *multipath* memiliki frekuensi yang berlainan sebagai akibat pergeseran Doppler. Pergeseran Doppler akan bernilai positif atau negatif tergantung apakah penerima bergerak menjauhi atau mendekati pemancar.

- Kecepatan Objek sekitar.

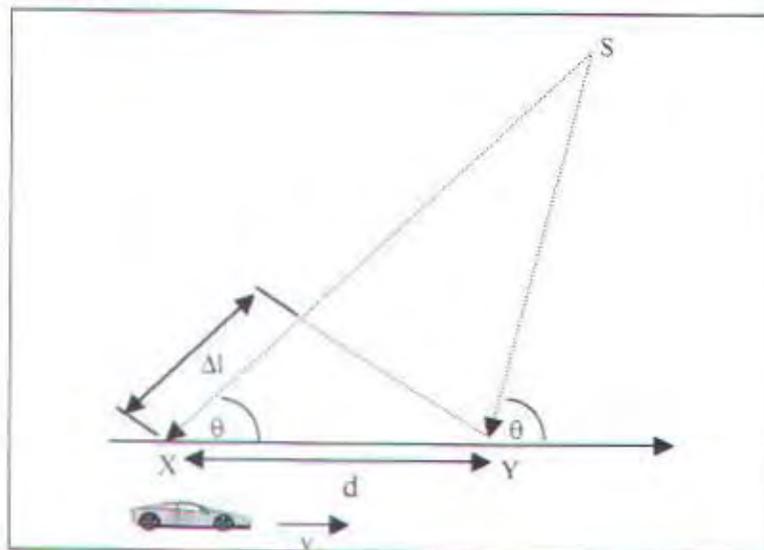
Objek yang bergerak disekitar pemancar juga dapat menyebabkan terjadinya fading. Apalagi jika kecepatan objek sekitar lebih besar diband-

ing kecepatan penerima. Dalam pembahasan tugas akhir ini fenomena ini tidak dibahas karena diasumsikan objek sekitar penerima dan pemancar dalam keadaan diam.

Akibat yang dapat ditimbulkan adanya *multipath* fading antara lain:

- Perubahan kuat medan yang cepat pada interval waktu atau perpindahan jarak yang pendek.
- Terjadinya frekuensi modulasi secara acak karena variasi pergeseran doppler pada sinyal *multipath* yang berbeda.
- Time dispersion (*echo*) karena adanya delay sinyal *multipath*.

### 2.2.2 Efek Doppler.



GAMBAR 2.1<sup>1</sup>  
ILUSTRASI EFEK DOPPLER

<sup>1</sup> Rappaport, T.S., Wireless Communication Principle & Practice. Prentice Hall PTR, Upper Saddle River New Jersey, 1996, p.141

Sebuah mobil yang bergerak dengan kecepatan konstan  $v$ , dari titik X ke titik Y dengan panjang lintasan  $d$ , mobil tersebut menerima sinyal dari pemancar S, seperti yang diilustrasikan pada gambar 2.1.

Beda panjang lintasan yang dilalui gelombang dari titik S ke titik X dan titik Y sebesar  $\Delta = d \cos \theta = v \cdot \Delta t \cdot \cos(\theta)$ , dimana  $\Delta t$  adalah waktu yang diperlukan mobil untuk bergerak dari X ke Y. Karena pemancar berada sangat jauh dari titik X dan Y maka  $\theta$  diasumsikan sama pada titik X dan Y. Sehingga perubahan fase akibat perbedaan panjang lintasan, sebesar:

$$\Delta\theta = \frac{2\pi\Delta l}{\lambda} = \frac{2\pi v \Delta t}{\lambda} \cdot \cos(\theta) \quad (2.1)$$

sehingga perubahan frekuensi atau pergeseran doppler,  $f_d$  sebesar

$$f_d = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{v}{\lambda} \cdot \cos(\theta) \quad (2.2)^2$$

dimana :

$f_d$  : Pergeseran doppler.

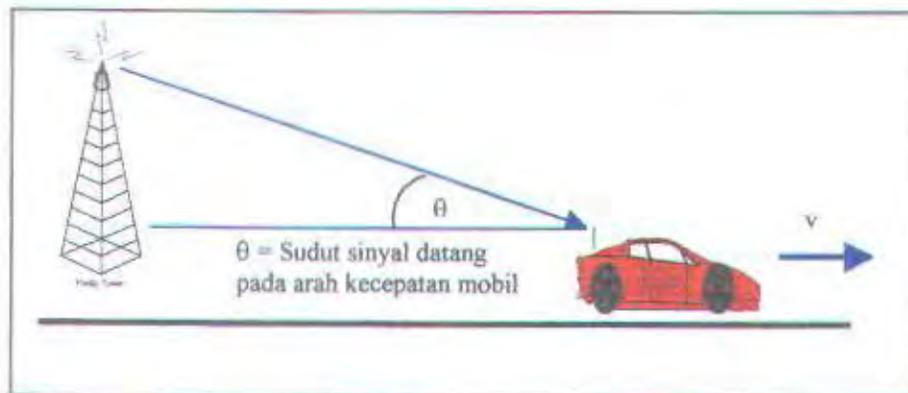
$\theta$  : sudut antara arah pergerakan penerima terhadap arah datangnya gelombang.

$\lambda$  : Panjang gelombang pemancar.

$v$  : Kecepatan Penerima.

---

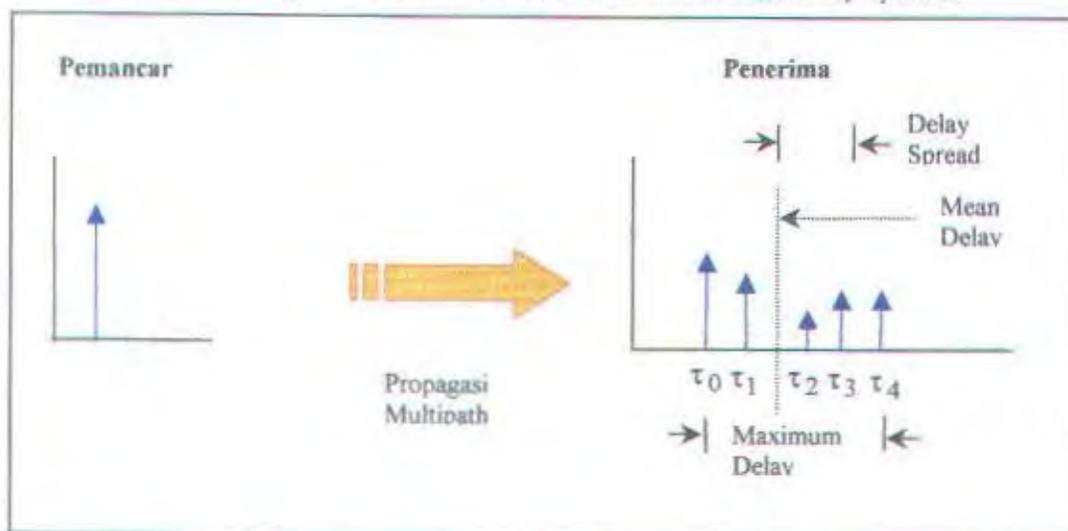
<sup>2</sup> *Ibit, p. 141.*



GAMBAR 2.2  
EFEK DOPPLER

### 2.2.3 Delay Spread

Pada propagasi di daerah urban, sinyal yang dikirim dari pemancar akan tiba di penerima melalui beberapa lintasan, dimana tiap lintasan memiliki panjang yang berlainan, sehingga sinyal yang dikirim tersebut akan tiba di penerima dalam waktu yang berlainan untuk setiap sinyal. Bila pemancar memancarkan sebuah pulsa, maka penerima tidak lagi menerima sebuah pulsa, melainkan beberapa pulsa yang datang dengan selang waktu tertentu. Fenomena ini di sebut *delay spread*.



GAMBAR 2.3  
DELAY SPREAD

Time delay ( $\tau$ ) diukur relatif terhadap waktu kedatangan pulsa yang pertama dipenerima, dengan asumsi  $\tau_0 = 0$  merupakan *time delay* dari komponen sinyal multipath yang pertama diterima oleh penerima. Untuk memberikan gambaran ukuran penyebaran sinyal ada beberapa istilah yang digunakan, antara lain *mean delay*, *maximum delay* dan *delay spread*. *Mean delay* merupakan rata-rata dari waktu kedatangan sinyal *multipath* ke penerima yang dihitung relatif terhadap kedatangan sinyal pertama di penerima. *Maximum delay* merupakan waktu kedatangan sinyal yang paling akhir pada penerima. *Delay spread* merupakan standar deviasi dari penyebaran sinyal.

Dalam komunikasi radio digital yang memakai kecepatan bit tinggi, *delay spread* menyebabkan tiap simbol bertumpuk dengan simbol sebelum dan sesudahnya yang akan menyebabkan interferensi antar simbol, sehingga penerima mengalami kesulitan memutuskan yang mana yang harus dideteksi (simbol sebenarnya yang dikirim).

Pada umumnya, *delay spread* di daerah urban lebih besar dibandingkan daerah rural hal ini terjadi karena di daerah urban lebih banyak terjadi efek pemantulan dan pembiasan (gedung-gedung). *Delay spread* yang lama dapat diatasi dengan mengurangi kecepatan simbol.

### 2.3 Mekanisme Perambatan Gelombang.

Pada umumnya propagasi gelombang dari pemancar tidak langsung menuju ke penerima tapi akan mengalami pemantulan, pembiasan dan penghamburan.

Pantulan terjadi bila gelombang radio yang merambat mengenai objek yang memiliki dimensi yang jauh lebih besar dari panjang gelombang radio tersebut.

Pemantulan dapat diakibatkan oleh permukaan tanah ataupun gedung-gedung. Difraksi terjadi bila lintasan propagasi antara pemancar dan penerima terhalang oleh objek yang memiliki ujung-ujung yang tidak beraturan dan tajam. Penghamburan terjadi bila medium yang dilalui gelombang radio terdapat objek yang memiliki ukuran yang lebih kecil dibandingkan dengan panjang gelombang dan jumlah halangan per unit volume besar. Gelombang terhambur dapat disebabkan karena permukaan yang kasar, dalam prakteknya dapat berupa dedaunan, pepohonan dan lain-lain.

Dalam tugas akhir ini tidak dijumpai fenomena penghamburan. Karena objek yang dipakai hanya gedung-gedung yang berukuran jauh lebih besar dari panjang gelombang pemancar dan gedung-gedung tersebut diasumsikan memiliki permukaan yang licin.

### 2.3.1 Kondisi Line of Sight

Pada perhitungan kuat medan dalam lintasan *free space*, tidak ditemukan halangan antara pemancar dan penerima. Perhitungan kuat medan pada titik penerima bergantung pada jarak lintasan antara pemancar dan penerima, sehingga redaman yang diperhitungkan hanya mengacu pada panjang lintasannya saja. Pada kenyataannya kondisi *free space* pada sistem komunikasi bergerak di daerah urban sangatlah sulit dicapai karena kondisi fisik gedung-gedung yang relatif tinggi dan padat menyebabkan sinyal tidak dapat ditangkap secara langsung oleh penerima.

Besarnya kuat medan yang diterima oleh penerima pada kondisi *Line of Sight* adalah sebagai berikut:

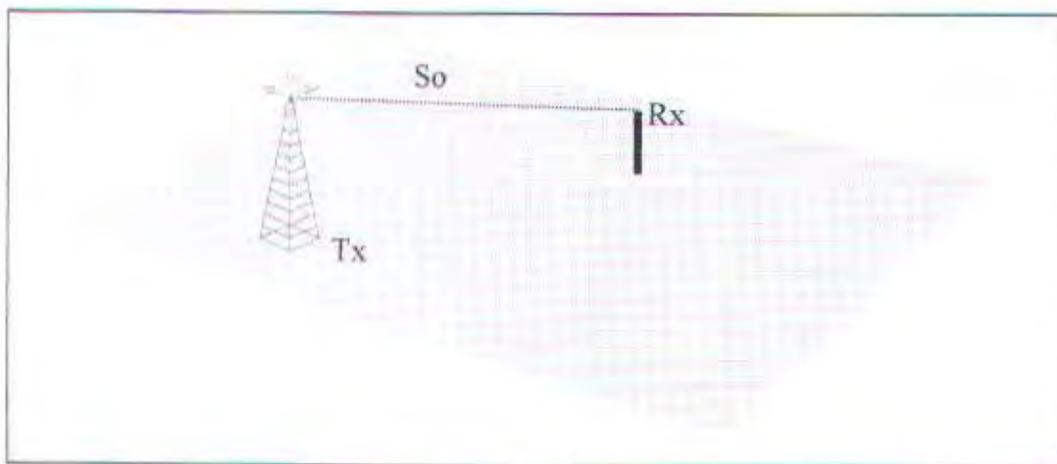
$$E_r = \frac{E_0}{S_0} \cdot e^{(-jks_0)} \quad (2.3)^3$$

Dimana:

$E_0$  = Kuat medan di titik pemancar [Volt/meter]

$S$  = Panjang lintasan antara titik pemancar ke titik penerima relatif terhadap  $\lambda$

$K$  = Konstanta gelombang =  $\frac{2\pi}{\lambda}$



GAMBAR 2.4  
KONDISI LINE OF SIGHT

### 2.3.2 Pemantulan Gelombang

Pada saat gelombang radio merambat dan mengenai objek lain yang memiliki sifat elektrik yang berlainan dengan medium propagasi, maka gelombang tersebut sebagian akan dipantulkan dan sebagian lainnya akan diserap. Bila objek tersebut

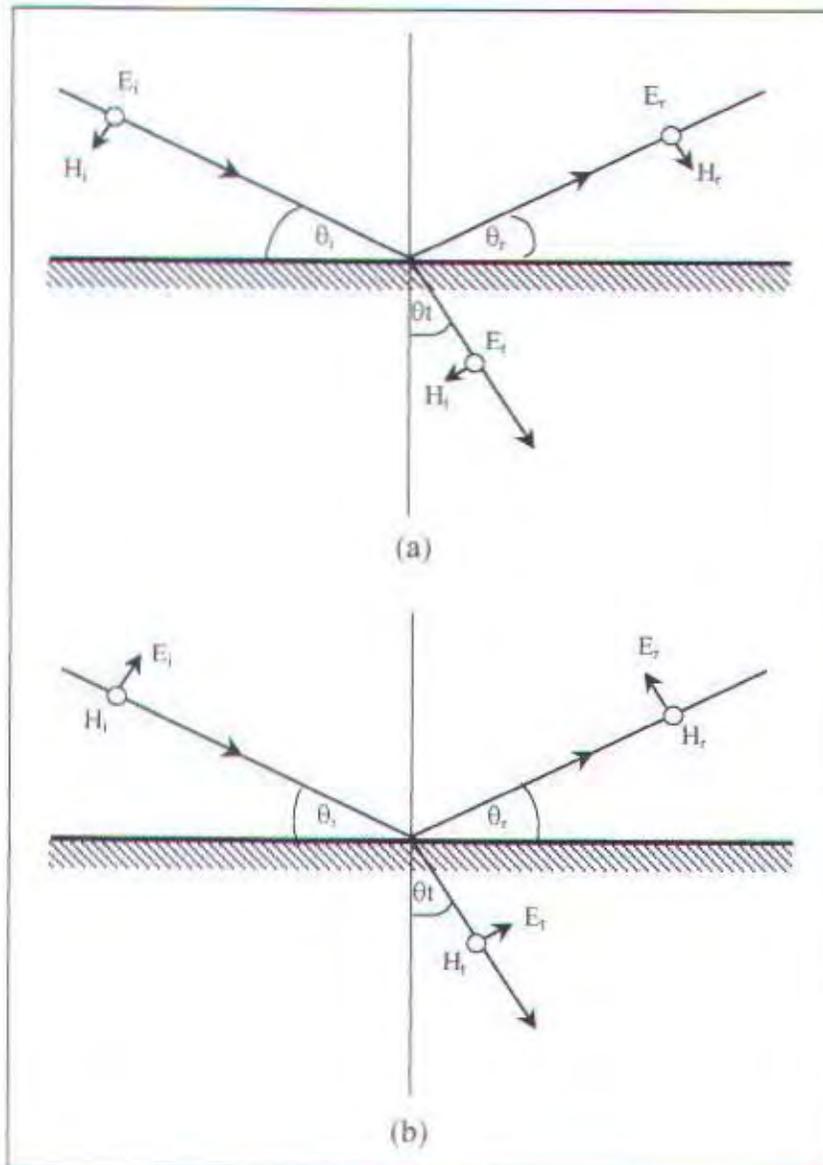
<sup>3</sup> D.A McNamara, C.W.I. Pistorius, J.A.G. Malherbe, Introduction To The Uniform Geometrical Theory of Diffraction, Artech House, London, 1990, p. 36

merupakan konduktor sempurna maka seluruh energi gelombang datang akan dipantulkan tanpa ada penyerapan energi.

Intensitas kuat medan yang dipantulkan dan yang diserap akan tergantung pada nilai koefisien pantulan ( $R$ ), sedangkan koefisien pantulan merupakan fungsi dari sifat elektrik benda, sudut datang, polarisasi gelombang, dan frekuensi gelombang. Polarisasi gelombang menggambarkan arah tiap vektor medan listrik yang berubah-ubah terhadap waktu (orientasi  $E$ ) pada titik tertentu.

Pada gambar 2.5 Menunjukkan sebuah gelombang elektromagnetik yang datang dari medium 1 ke medium 2 dengan sudut datang  $\theta_i$ , sebagian gelombang tersebut akan terpantul kembali ke medium 1 dengan sudut  $\theta_r$  dan sebagian lainnya diteruskan ke medium 2 dengan sudut  $\theta_t$ . Pada pantulan ini juga berlaku hukum Snell yang menyatakan bahwa gelombang datang, bidang normal, dan gelombang pantul terletak dalam satu bidang, dan sudut datang sama dengan sudut pantul.

*Plane of incident* didefinisikan bidang yang memuat vektor arah propagasi gelombang datang, gelombang pantul dan gelombang tembus, yang berarti ketiga gelombang tersebut terletak dalam satu bidang yang disebut *plane of incident*. Gelombang datang dikatakan terpolarisasi paralel bila vektor  $E$  terletak pada *plane of incident* dan dikatakan terpolarisasi perpendicular bila vektor  $E$  tegak lurus (normal) terhadap *plane of incident*. Polarisasi paralel disebut juga polarisasi vertikal, karena vektor  $E$  tegak lurus terhadap permukaan pantul dan polarisasi perpendicular disebut juga polarisasi horizontal karena vektor  $E$  sejajar dengan permukaan pantul. Dalam tugas akhir ini diasumsikan gelombang datang yang mengenai bidang pantul terpolarisasi horizontal untuk pantulan tanah dan gedung.

GAMBAR 2.5<sup>4</sup>

PANTULAN GELOMBANG TERPOLARISASI HORIZONTAL (a) DAN VERTIKAL (b)

Bila gelombang merambat dari *free space* ke suatu medium dengan sifat elektrik tertentu maka koefisien pantulan di rumuskan:

<sup>4</sup> Lee, William C.Y. Mobile Communication Engineering, McGraw Hill Book, UK, 1982, p.92

$$R_h = \frac{\sin(\theta_i) - \sqrt{\epsilon - \cos^2(\theta_i)}}{\sin(\theta_i) + \sqrt{\epsilon - \cos^2(\theta_i)}}, \text{ untuk polarisasi horizontal} \quad (2.4)^5$$

$$R_v = \frac{\epsilon \sin(\theta_i) - \sqrt{\epsilon - \cos^2(\theta_i)}}{\epsilon \sin(\theta_i) + \sqrt{\epsilon - \cos^2(\theta_i)}}, \text{ untuk polarisasi vertikal} \quad (2.5)^6$$

$$\epsilon = \epsilon_r - j60\sigma\lambda,$$

dimana:

$\theta_i$  : sudut datang

$\epsilon_r$  : permitivitas relatif permukaan pantul

$\sigma$  : konduktivitas permukaan pantul (s/m)

$\lambda$  : panjang gelombang (m).

Pada konduktor sempurna energi gelombang elektromagnetik tidak dapat melewatinya, sehingga seluruh energi yang datang akan dipantulkan. Koefisien pantulannya didefinisikan sebagai berikut

$$R_v = 1 \text{ dan } R_h = -1 \quad (2.6)^7$$

Pemantulan oleh tanah (*ground refraction*) umumnya memiliki sudut datang  $\theta_i$  yang kecil ( $<1$ ) dan  $\epsilon$  yang besar sehingga

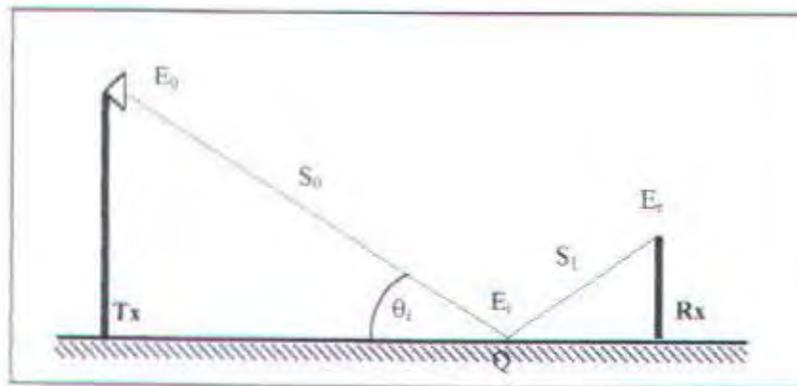
$$R_v \approx R_h \approx -1 \quad (2.7)^8$$

<sup>5</sup> *ibid.*, p. 91

<sup>6</sup> Lee, William C. Y, *Loc cit.*

<sup>7</sup> Rappaport, T.S, *op cit.* p. 85

<sup>8</sup> Lee, William C. Y, *op cit.* p. 92



GAMBAR 2.6  
ILUSTRASI PANTULAN GELOMBANG

Gambar 2.6 menunjukkan sebuah pemancar memancarkan gelombang dengan kuat medan listrik sebesar  $E_0$ , dan memantul pada titik Q, maka kuat medan pada penerima sebesar:

$$E_r = E_i(Q) \cdot R_{h,v} \cdot A_s \cdot e^{-jk s_1} \quad (2.8)^9$$

dimana:

$E_r$  : Kuat medan pada transmitter (Volt/m)

$E_i(Q)$ : kuat medan pada titik Q (Volt/m)

$R_{h,v}$  : koefisien pantulan polarisasi vertikal atau horizontal.

$A_s$  : faktor penyebaran (*spreading factor*),  $A_s = \frac{s_0}{s_0 + s_1}$

$k = \frac{2\pi}{\lambda}$ , konstanta gelombang

$s_0$  : jarak dari pemancar ke titik pantul (Q) relatif terhadap  $\lambda$ .

<sup>9</sup> Tan S. Y, and Tan H. S., [UTD Propagation model in an urban area street scene for micro-cellular communication](#), IEEE Trans. Elektromagnet, Compal, Vol. 37, Nov 1993, p. 427

$s_i$  : jarak dari titik pantul (Q) ke penerima relatif terhadap  $\lambda$ .

### 2.3.3 Difraksi Gelombang

Teori pembiasan seragam yang selanjutnya disebutkan sebagai UTD, dikembangkan oleh Kouyoumijan dan Pethak dari Universitas Ohio dengan mempresentasikan gelombang sinyal sebagai lintasan cahaya yang merambat di ruang bebas. Gelombang dari pemancar akan tetap sampai pada penerima walaupun diantara keduanya tidak dalam kondisi *line of sight*. Hal ini memungkinkan karena terjadinya pembiasan gelombang oleh ujung permukaan penghalang. Daerah dimana receiver tidak dapat menerima gelombang transmitter secara langsung tapi melalui mekanisme pembiasan dinamakan daerah bayangan (*shadowing region*)

#### 2.3.3.1 Pembiasan oleh halangan wedge tunggal

Wedge tunggal dalam profile terrain merupakan halangan utama dari jalur pancaran cahaya yang timbul dengan mengasumsikan bahwa titik tumbukan suatu jalur dari pancaran cahaya adalah ujung media konduktor sempurna. Berdasarkan pemanfaatan konsep UTD maka di dapat bentuk umum pola halangan wedge tunggal beserta arah pancar gelombang seperti pada gambar 2.7

Kuat medan yang diterima oleh receiver menurut UTD adalah sebagai berikut:

$$E_r = E_i(Q) \cdot D_{h,v} \cdot A(s) \cdot e^{-jks} \quad (2.9)^{10}$$

dimana

$E_r$  : Kuat medan pada penerima (V/m)

<sup>10</sup> D.A McNamara, C.W.I. Pistorius, J.A.G. Malherbe, *Op cit.*, p. 168

$E_i(Q)$ : Kuat medan pada titik difraksi Q, dihitung dengan mekanisme

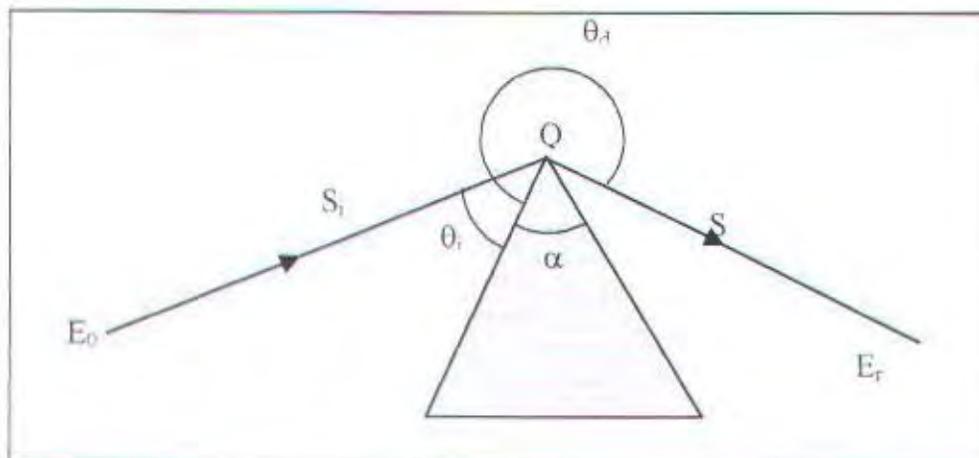
LOS dari transmiter. (V/m)

$D_{h,v}$  : Koefisien difraksi

$$A(s) : \text{Faktor penyebaran} = \sqrt{\frac{s_i}{s(s+s_i)}}$$

$s$  : Jarak dari titik difraksi Q ke receiver (m)

$$k : \text{konstanta gelombang} = \frac{2\pi}{\lambda}$$



GAMBAR 2.7  
DIFRAKSI OLEH HALANGAN TUNGGAL

Besar kecilnya kuat medan yang diterima pada receiver bergantung pada koefisien difraksi  $D_{h,v}$  yang merupakan fungsi dari sudut datang ( $\theta_i$ ), sudut difraksi ( $\theta_d$ ), dan sudut internal wedge ( $\alpha$ ), Dirumuskan:

$$D_{v,h} = D_1 + D_2 + R_{v,h} \cdot (D_3 + D_4) \quad (2.10)^{11}$$

<sup>11</sup> Kouyoumijan R, Pathak P, Uniform Geometrical Theory of Diffraction for an Edge in a Perfectly Conducting Surface, IEEE Proc, Vol 62, no 11, Nov 1974, p.1453

dimana

$$D_1 = \frac{-e^{-j\pi/4}}{2n\sqrt{2\pi k}} \cdot \cot\left(\frac{\pi + (\theta_d + \theta_i)}{2n}\right) \cdot F\left(kL \cdot 2 \cos^2\left(\frac{\theta_d - \theta_i}{2}\right)\right)$$

$$D_2 = \frac{-e^{-j\pi/4}}{2n\sqrt{2\pi k}} \cdot \cot\left(\frac{\pi - (\theta_d - \theta_i)}{2n}\right) \cdot F\left(kL \cdot 2 \cos^2\left(\frac{\theta_d - \theta_i}{2}\right)\right)$$

$$D_3 = \frac{-e^{-j\pi/4}}{2n\sqrt{2\pi k}} \cdot \cot\left(\frac{\pi + (\theta_d + \theta_i)}{2n}\right) \cdot F\left(kL \cdot 2 \cos^2\left(\frac{2n\pi - (\theta_d + \theta_i)}{2}\right)\right)$$

$$D_4 = \frac{-e^{-j\pi/4}}{2n\sqrt{2\pi k}} \cdot \cot\left(\frac{\pi - (\theta_d + \theta_i)}{2n}\right) \cdot F\left(kL \cdot 2 \cos^2\left(\frac{\theta_d + \theta_i}{2}\right)\right)$$

sedangkan

$$n = \frac{2\pi - \alpha}{\pi} \quad \text{dan} \quad L = \frac{s \cdot s_i}{s + s_i}$$

$R_{v,h}$  merupakan konstanta refleksi yang nilainya sama seperti penjelasan pada sub bab 2.3.2.

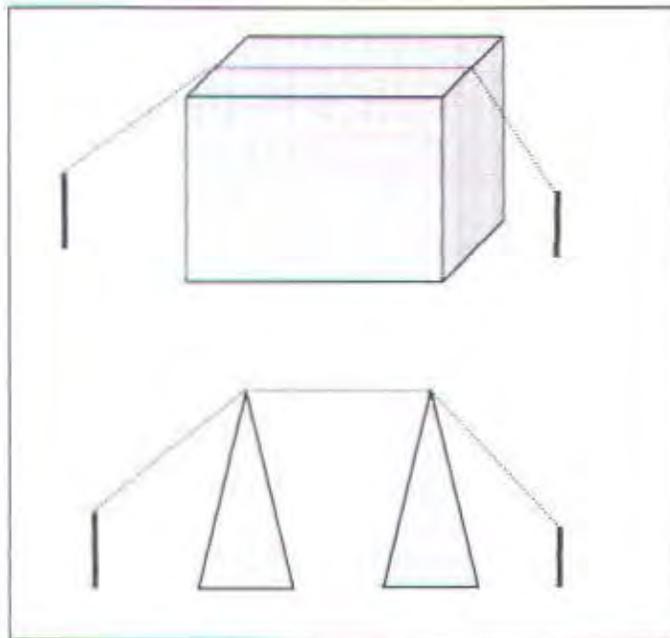
$F(x)$  merupakan fungsi transisis didefinisikan

$$F(x) = 2j\sqrt{x} e^{jx} \int_{\sqrt{x}}^{\infty} e^{-ju^2} du \quad (2.11)^{12}$$

### 2.3.3.2 Pembiasan Oleh Halangan Wedge Ganda

Halangan yang mungkin muncul dalam profile terain selain halangan wedge tunggal adalah wedge ganda, karena bentuk struktur profile yang membentuk kubus layaknya ada pada gedung-gedung di perkotaan. Prinsip dasar dari wedge ganda adalah sama dengan 2 wedge tunggal yang digabung seperti gambar 2.8

<sup>12</sup> D. A McNamara, C.W.I. Pistorius, J.A.G. Malherbe, *Op cit.*, Appendix B

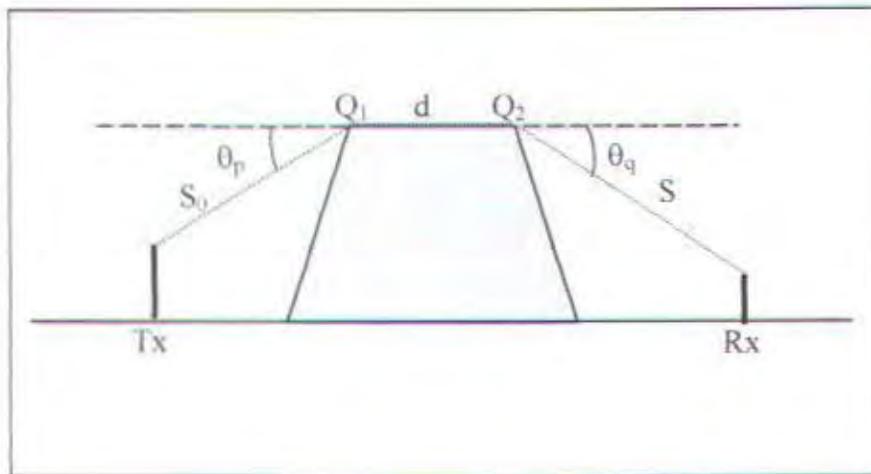


GAMBAR 2.8<sup>13</sup>  
POLA HALANGAN WEDGE GANDA

Dengan menggunakan langkah-langkah yang sama dengan perhitungan wedge tunggal, dalam permasalahan bahwa pembiasan terjadi pada wedge yang menyatu. Kuat medan pembiasan diperhitungkan pada empat term masing-masing diidentifikasi oleh titik wedge pertama (Q1) dan titik wedge kedua (Q2) seperti yang terlihat pada gambar 2.8. Dan sebagai hasil dari kuat medan dititik pengamatan wedge ini adalah dengan menggabungkan faktor-faktor yang muncul dalam proses pembiasan yaitu koefisien difraksi, parameter penyebaran dan peredaman kuat medan berdasarkan fungsi jarak.

---

<sup>13</sup> Rudi Lumanto, Bambang H.T, *Study of Wave Propagation Model in Urban Areas*, Journal BPP Teknologi Dir TEI, 1995, p. 9



GAMBAR 2.9<sup>14</sup>  
 ARAH PANCAR SINAR PADA WEDGE GANDA

Seperti halnya wedge tunggal, pada wedge ganda dengan mengambil semua profile dan menentukan lokasi wedge ganda yang muncul, dapat diperhitungkan besarnya kuat medan yang muncul dari titik referensi pancar menuju titik berikutnya. Yang membedakan antara wedge tunggal dan wedge ganda adalah nilai koefisien difraksi, dimana koefisien difraksi wedge ganda adalah dihitung sebagai berikut:

$$D = \sum_{p=1}^2 \sum_{q=1}^2 P_{v,h}(\theta_p, \theta_q) \quad (2.12)^{15}$$

dimana,

$$P_v = \frac{(-1)^p (-1)^q}{8\pi j (n_1 n_2)^2} \cdot \frac{a_p a_q}{\sin^2(\theta_p / 2n_1) \sin^2(\theta_q / 2n_2)} \cdot \frac{F(kLa_p) - F(kLa_q)}{a_p - a_q} \cdot \frac{e^{-jkd}}{\sqrt{kd}}$$

$$P_h = \frac{-1}{4\pi j (n_1 n_2)^2} \cdot \cot\left(\frac{\theta_p}{2n_1}\right) \cdot \cot\left(\frac{\theta_q}{2n_2}\right) \cdot \frac{a_q F(kLa_p) - a_p F(kLa_q)}{a_p - a_q} \cdot \frac{e^{-jkd}}{\sqrt{kd}}$$

<sup>14</sup> *Ibid.*, p.10

<sup>15</sup> Rudi Lumanto, Bambang H.T, *loc cit*

dengan

$$a_p = 2 \cos^2 \left( \frac{\theta_p - \pi - (-1)^p 2n_1 n \operatorname{int}((-1)^p \theta_p / 2n_1 \pi)}{2} \right)$$

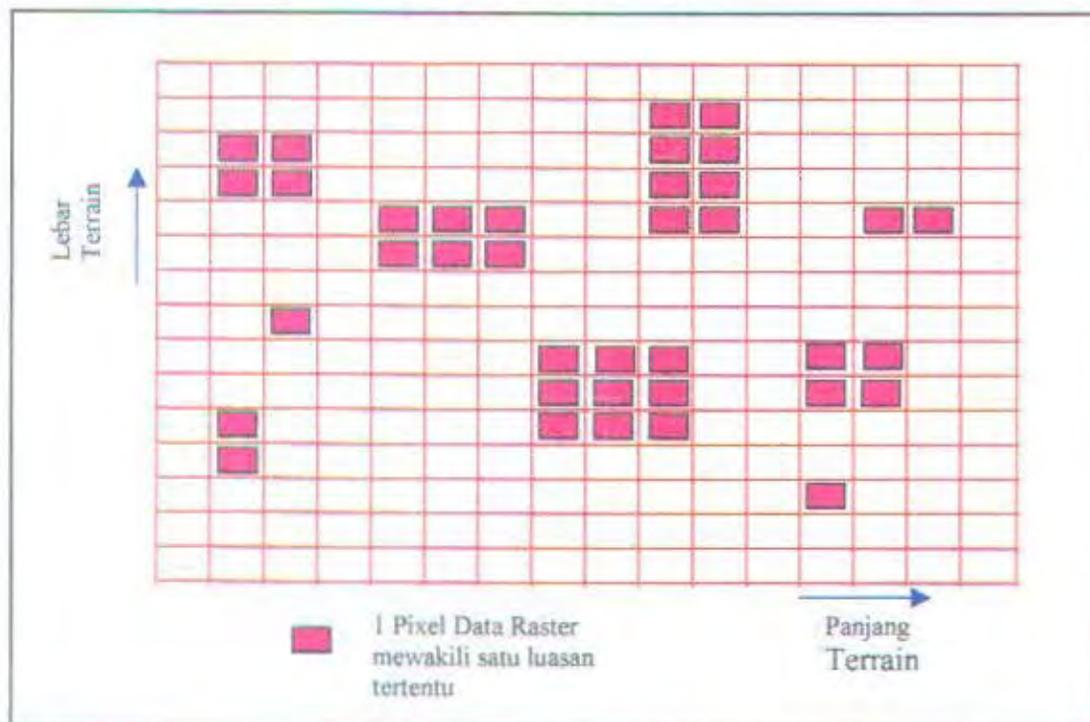
$$a_q = 2 \cos^2 \left( \frac{\theta_q - \pi - (-1)^q 2n_2 \pi n \operatorname{int}((-1)^q \theta_q / 2n_2 \pi)}{2} \right)$$

#### 2.4 Pemanfaatan Bank Data dalam Permodelan Propagasi

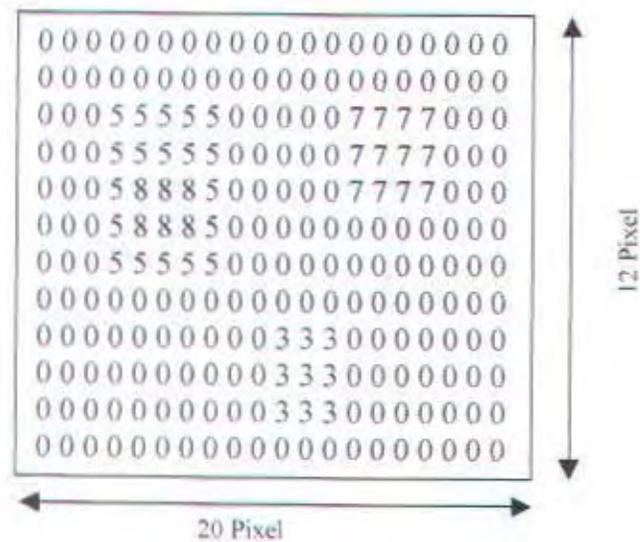
Besarnya kuat medan yang diterima penerima sangat bergantung dari pola halangan yang terdapat dalam suatu terain. Data digital (data raster) diperoleh dari proses digitasi dari peta topologi suatu daerah urban, yang memuat struktur dan ketinggian gedung. Digitasi dilakukan dengan resolusi yang tepat, resolusi yang terlalu rendah memberikan gambaran yang kurang detail dari keadaan terrain yang ada, namun resolusi yang terlalu tinggi menjadikan hasil perhitungan tidak tepat karena ukuran pixel yang terlalu kecil. Yang menjadi patokan dari ukuran resolusi pixel data adalah bahwa setiap data pixel harus memiliki ukuran yang lebih besar dari panjang gelombang yang dipakai transmitter. Dalam tugas akhir ini tidak dibahas cara melakukan digitasi dari peta topografi, melainkan data yang tersedia sudah berupa data digital atau dikenal data raster.

### 2.4.1 Struktur Data Raster

Data raster merupakan data digital yang berbentuk matrik, dimana baris dan kolom matrik menunjukkan lokasi dari objek, dan nilai matrik menunjukkan ketinggian dari objek tersebut. Untuk tiap elemen matrik diwakili oleh sebuah kubus dengan ketinggian sesuai dengan nilai matrik pada kolom dan baris yang bersesuaian. Panjang dan lebar kubus ditentukan oleh resolusi data pixel. Misal resolusi data 10 m x 10 m berarti satu elemen matrik diwakili kubus dengan luas alas 10 m x 10 m. Dengan demikian tiap gedung dapat dibentuk dari beberapa pixel data.

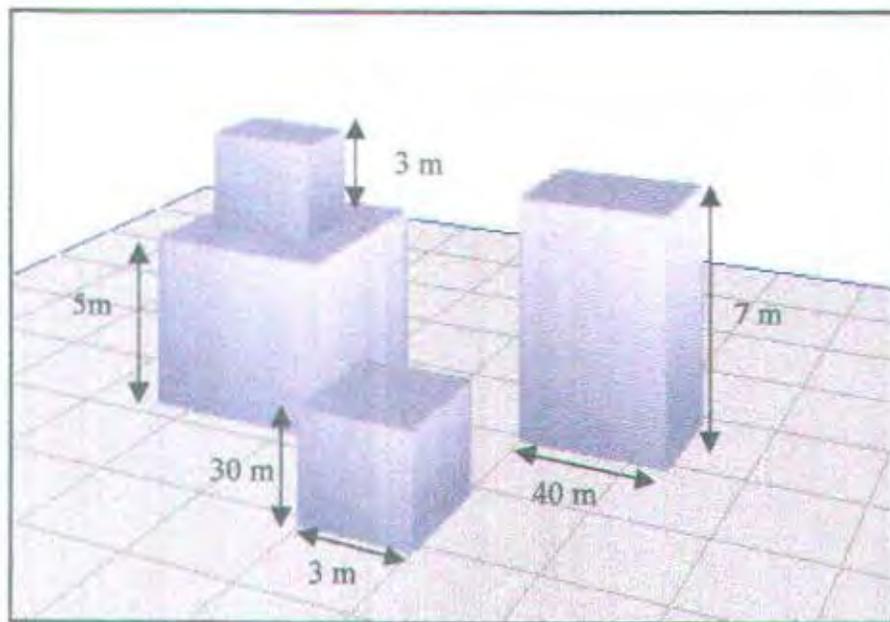


GAMBAR 2.10  
STRUKTUR DATA RASTER



GAMBAR 2.11  
CONTOH DATA RASTER

Bila data raster diatas memiliki resolusi  $10 \text{ m}^2$  /pixel berarti lebar area sama dengan  $10 \times 12 = 120 \text{ m}$ . Panjangnya sama dengan  $10 \times 20 = 200 \text{ m}$ , sehingga luas area =  $120 \times 200 = 24000 \text{ m}^2$ . Visualisasi data raster diatas dalam objek 3D adalah seperti tampak pada gambar 2.12.



GAMBAR 2.12  
VISUALISASI DATA RASTER PADA GAMBAR 2.11

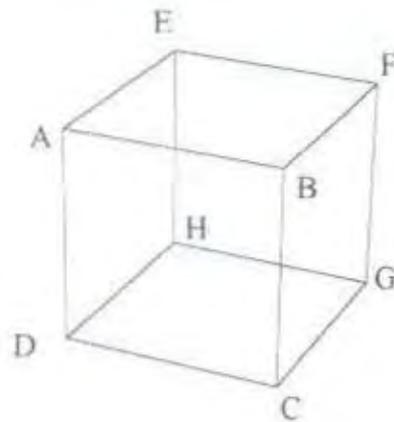
### 2.4.1 Pembangkitan Citra 3D

Untuk lebih mempermudah mengetahui alur propagasi dalam suatu area maka diperlukan visualisasi dalam bentuk 3D. Yang diperlukan dalam visualisasi 3D adalah transformasi dari objek 3D layar monitor 2D. Transformasi ini dapat dilakukan dengan sebuah program sederhana dengan menggunakan proyeksi prespektif. Parameter input program berupa kordinat 3D  $(x,y,z)$  dan outputnya dalam bentuk kordinat 2D  $(xp,yp)$ .

Penggambaran objek 3D dapat dilakukan dengan menggunakan metode *wire-frame projection*. *Wireframe projection* ini dilakukan dengan cara mendefinisikan sebuah objek sebagai array yang berisi koordinat masing-masing titik yang membentuk objek tersebut disertai dengan data hubungan masing-masing titik dengan titik yang lain. Kemudian pada saat proyeksi dilakukan, masing-masing titik akan diproyeksikan ke kordinat 2D. Proses terakhir adalah menampilkan garis-garis yang menghubungkan titik-titik hasil proyeksi pada layar monitor.

Jadi sebuah objek memiliki dua buah bank yaitu vertex bank yang berisi titik-titik sudut dari objek. Juga line bank yang berisi dua index titik pada vertex bank yang hendak dihubungkan. Pada setiap vertex dalam vertex bank memiliki kordinat  $x$ ,  $y$ , dan  $z$  sebagai informasi kordinat dari vertex/titik tersebut.

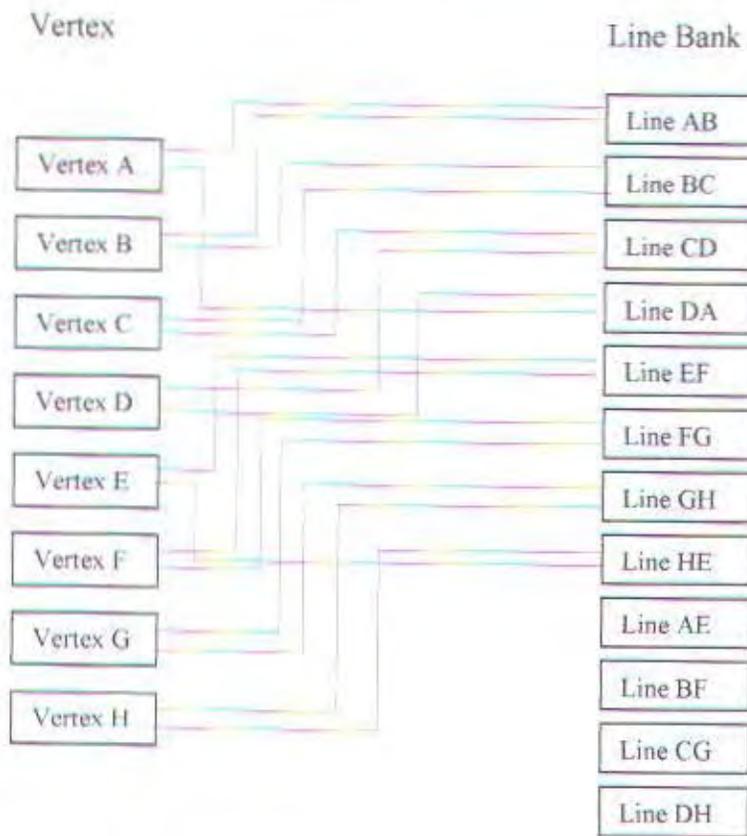
Di bawah ini adalah sebuah objek yang akan disimpan dalam format yang telah dijelaskan diatas. Jumlah titik pada balok ini ada 8 yaitu A,B,C,D,E,F,G, dan H. Sedangkan jumlah garis pada balok ini ada 12 yaitu AB, BC, CD, DA, EF, FG, GH, HE, AE, BF, CG, dan DH. Untuk itu diperlukan vertex bank sebesar 8 cell dan line bank sebesar 12 cell



GAMBAR 2.13  
GAMBAR FRAME KUBUS 3D

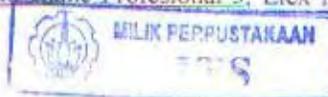
Dalam pembentukan citra 3D dikenal adanya depth filter, yaitu benda yang lebih jauh (kordinat z lebih besar) akan ditutupi oleh benda yang lebih dekat ( kordinat z lebih kecil). Teknik yang digunakan untuk melakukan ini disebut dengan Z-buffer dimana setiap kali melakukan peletakan sebuah titik saat mengarsir, dimasukkan pula data kordinat z dari titik tersebut. Sehingga pada saat ada titik yang hendak ditumpuk pada titik yang telah diisi, dapat dibandingkan apakah titik tersebut memiliki kordinat z yang lebih dekat, jika ya maka ganti titik tersebut dengan titik yang baru. Jika tidak titik yang baru diabaikan.

Untuk keperluan ini dibutuhkan memori sebesar ukuran titikk layar dikalikan dengan besar variabel yang digunakan untuk menyimpan kordinat z.



GAMBAR 2.14<sup>16</sup>  
POLA PENYUSUNAN TITIK DAN GARIS

<sup>16</sup> Agustinus Nalwan, *Pemrograman Animasi dan Game Profesional 3*, Elex media komputindo, Jakarta 1996, p. 35



## BAB III

### PEMBUATAN PROGRAM SIMULASI

---

#### 3.1 Umum

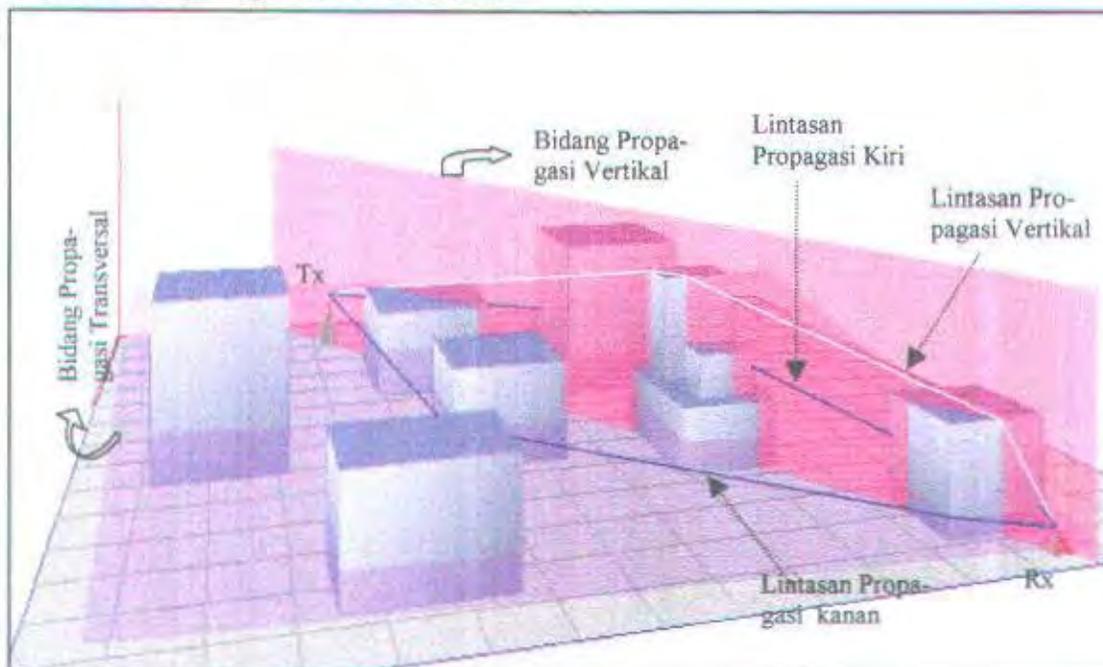
Seperti yang telah dikemukakan pada bab sebelumnya bahwa perlunya penggabungan antara bidang telekomunikasi dengan bidang komputer untuk mendapatkan efisiensi dan keakuratan yang tinggi dalam sistem komunikasi informasi dan jasa pelayannya. Pada bab ini akan disusun suatu program yang menerapkan metode permodelan dari propagasi gelombang dari propagasi gelombang berdasarkan metode deterministik murni, khususnya untuk metode perhitungan kuat medan dari titik ke titik secara parsial dari data lokasi yang telah ditentukan.

Dengan menggunakan konsep *Uniform Geometrical Theory of Diffraction* (UTD), dihitung kuat medan pada suatu titik penerima yang dianalisa berdasarkan proses pantulan, pembiasan dan konsisi *line of sight*. Berikut ini dipaparkan langkah-langkah pembuatan program.

#### 3.2 Lintasan Propagasi Utama

Effek *multipath* sangat mendominasi dalam propagasi di daerah urban dikarenakan tinggi penerima umumnya lebih rendah dari gedung-gedung disekitarnya. Dalam hal ini gedung-gedung harus dianggap sebagai halangan difraksi 3D, yaitu struktur dengan ukuran yang terbatas untuk panjang, lebar dan tingginya. Dengan demikian sinar terdifraksi harus dihitung tidak hanya pada ujung atas gedung, tapi juga sisi kiri dan kanan gedung.

Untuk keperluan tersebut diatas maka dibentuk dua bidang propagasi untuk difraksi yaitu bidang propagasi vertikal dan bidang propagasi transversal. Jadi lintasan difraksi selalu berada dalam bidang ini. Bidang propagasi vertikal adalah bidang tegak lurus bidang horizon dan melalui titik pemancar dan penerima. Sedangkan bidang propagasi transversal adalah bidang yang tegak lurus bidang vertikal dan melalui titik pemancar dan penerima. Jadi kedua bidang berpotongan pada garis *line of sight* pemancar dan penerima. Lintasan pada bidang transversal ini masih dibagi lagi menjadi arah kiri dan arah kanan dilihat dari pemancar. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



GAMBAR 3.1  
LINTASAN PROPAGASI DALAM BIDANG VERTIKAL DAN TRANSVERSAL

Dengan pembagian lintasan propagasi ini maka perhitungan difraksi dapat di anggap seperti perhitungan 2D. Lintasan pantulan umumnya tidak terletak pada kedua bidang ini, karena pantulan harus memenuhi syarat tertentu yang akan di jelaskan pada sub bab selanjutnya.

### 3.3 Pembacaan Data Raster

Seperti telah dijelaskan pada bab sebelumnya bahwa data raster merupakan data digital yang berbentuk matrik, dimana baris dan kolom matrik menunjukkan lokasi dari objek, dan nilai matrik menunjukkan ketinggian dari objek tersebut.

Pembacaan data raster dapat dilakukan dengan menyediakan variabel pointer penampung yang memiliki struktur sebagai berikut:

```
Data_raster = ^record_raster;
Record_raster = record
    i, j, z : integer;
    Next    : Data_raster;
End;
```

*i* dan *j* merupakan index untuk kolom dan baris data raster sedangkan *z* adalah nilai matrik pada kolom ke *i* baris ke *j*. Adapun flowchart membaca data raster dapat dilihat pada sub bab 3.9.

Namun untuk proses selanjutnya yaitu penentuan perhitungan titik-titik dominan, data raster tidak memberikan hasil yang memuaskan, sebagai contoh misal sebuah data raster memiliki resolusi  $10 \text{ m}^2/\text{pixel}$  maka untuk mengetahui letak titik pantul pada suatu gedung dapat terjadi kesalahan. Untuk memecahkan masalah diatas data raster yang telah termuat dimemori perlu dirubah kedalam data vektor yang memiliki bentuk sebagai berikut

```
TdataGedung = ^TRecGedung;
TRecGedung = record
    x1, y1, x2, y2, T: integer;
    idx : integer;
    next: TdataGedung;
end;
```

dimana *x1,y1* kordinat pojok kiri atas gedung, *x2,y2* kordinat pojok kanan atas gedung, *T* ketinggian gedung, dan *idx* nomor index gedung.

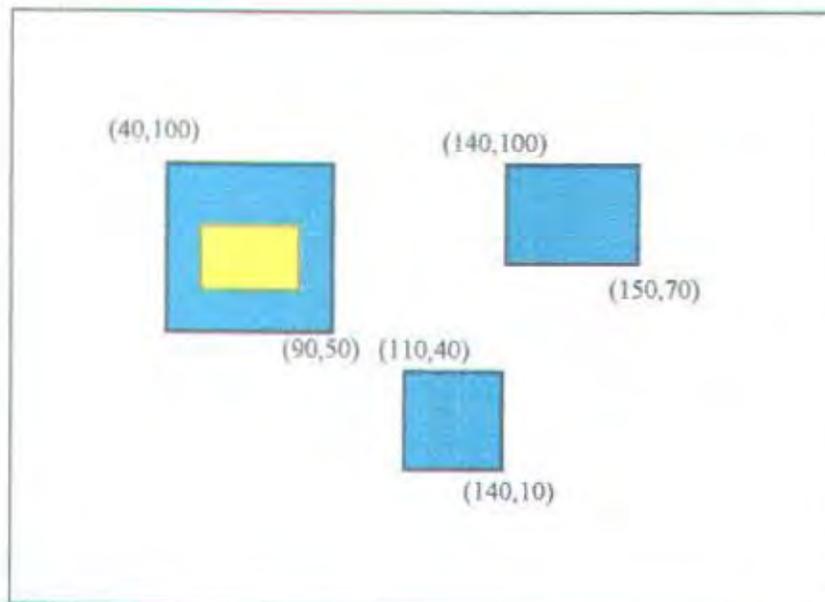
Algoritma yang digunakan untuk merubah data raster ke data vektor adalah sebagai berikut:

1. Baca pointer data\_raster
2. Bila ditemukan ketinggian tertentu ( $\neq 0$ ) maka dibuat pointer data vektor baru dengan kordinat yang disesuaikan dengan resousi data.
3. Bila ditemukan ketinggian yang sama pada baris atau kolom yang berurutan maka kordinat data vektor diperbarui.
4. Kembali ke langka no 1 sampai semua data raster terbaca.

Sebagai contoh, bila data raster pada gambar 2.11 diubah menjadi data vektor akan diperoleh gambar 3.2.

### 3.4 Parameter Masukan Program

Dalam proses pembuatan perangkat lunak simulasi propagasi gelombang secara tiga dimensi ini, ditentukan terlebih dahulu luasan maket suatu lokasi yang akan diteliti dengan membuat data-data fisik dari lokasi tersebut. Dalam daerah urban, dimana populasi bangunan dominan, ditentukan letak suatu bangunan (gedung) dengan spesifikasi fisik data bangunan adalah panjang gedung, lebar gedung dan tinggi gedung pada suatu sistem koordinat tiga dimensi, sumbu-x; sumbu y; sumbu-z. Struktur fisik gedung ini dapat pula diperoleh dengan mengambil data raster dari media penyimpanan. Karena keterbatasan media komputasi dan memori komputer maka luar area maket dibatasi maximum 1000 m x 1000 m dengan harga *default* program 450 m x 450 m.



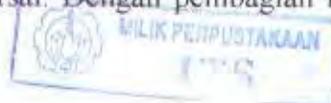
GAMBAR 3.2  
PERUBAHAN KE DATA VEKTOR

Disamping data fisik gedung yang menjadi parameter masukan lainnya adalah

1. Kordinat pemancar dan penerima
2. Tinggi pemancar dan penerima
3. Frekuensi kerja pemacar
4. Kuat medan pada pemancar.
5. Kecepatan mobile penerima
6. Arah mobile penerima (mendekati / menjauhi pemancar)

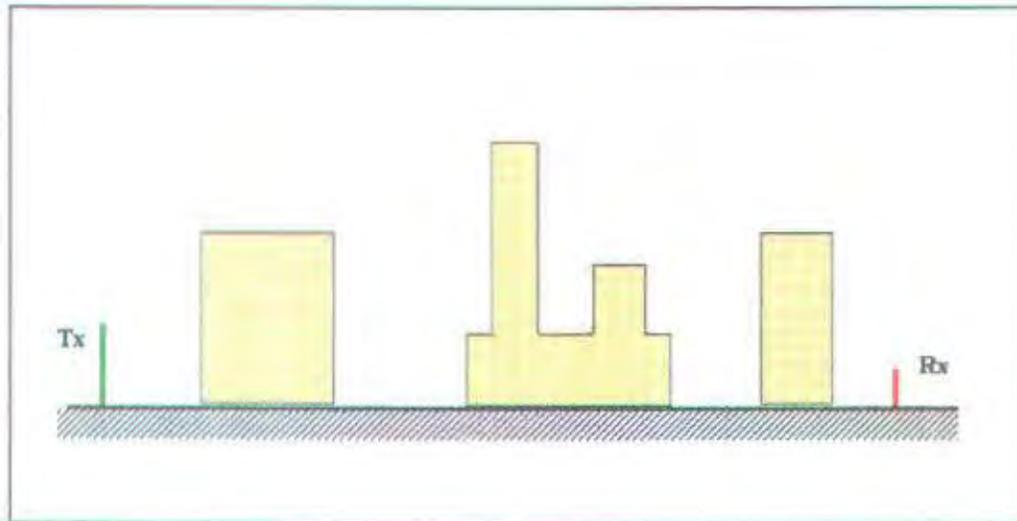
### 3.5 Pembentukan Lintasan Propagasi Utama

Dalam menganalisa lintasan propagasi dalam simulasi ini di gunakan lintasan vertikal dan lintasan transversal, yang masing-masing terletak pada bidang propagasi vertikal dan bidang propagasi transversal. Dengan pembagian ini analisa 3D dapat disederhanakan menjadi analisa 2D





Hasil dari proses ini berupa struktur data baru yang berisi informasi jarak (relatif terhadap pemancar) dan ketinggian, seperti gambar 3.4



GAMBAR 3.4  
DATA BARU HASIL TRACING GAMBAR 3.3

Untuk mendapatkan data terrain yang cukup lengkap dari suatu daerah liputan diperlukan pula pola terrain yang berbelakangan dengan arah pancar dari sinyal sehingga nantinya dapat dimanfaatkan untuk menentukan alur sinyal kebelakang yang kemungkinan dapat menimbulkan terjadinya proses pantulan belakang arah pancar.

Setelah didapatkan pola terrain yang lengkap dari area liputan yang akan diperhitungkan, langkah selanjutnya adalah proses penentuan jalur sinyal yang merambat antara titik pemancar dan penerima sesuai dengan halangan – halangan yang ada antara kedua titik tersebut. Prinsip yang digunakan adalah dengan mengasumsikan halangan yang terdapat pada pola vertikal terrain sebagai media halangan yang mempunyai konduktivitas sempurna. Dengan mengasumsikan gelombang radio sebagai cahaya yang akan terdifraksi jika membentur sisi sebuah bidang dengan konduktivitas sempurna maka dapat ditentukan alur propagasi gelombang dengan titik refer-

ensi awal adalah pemancar yang merambat menuju ke titik referensi berikutnya mengikuti pola pola halangan yang terjadi pada terrain yang diteliti.

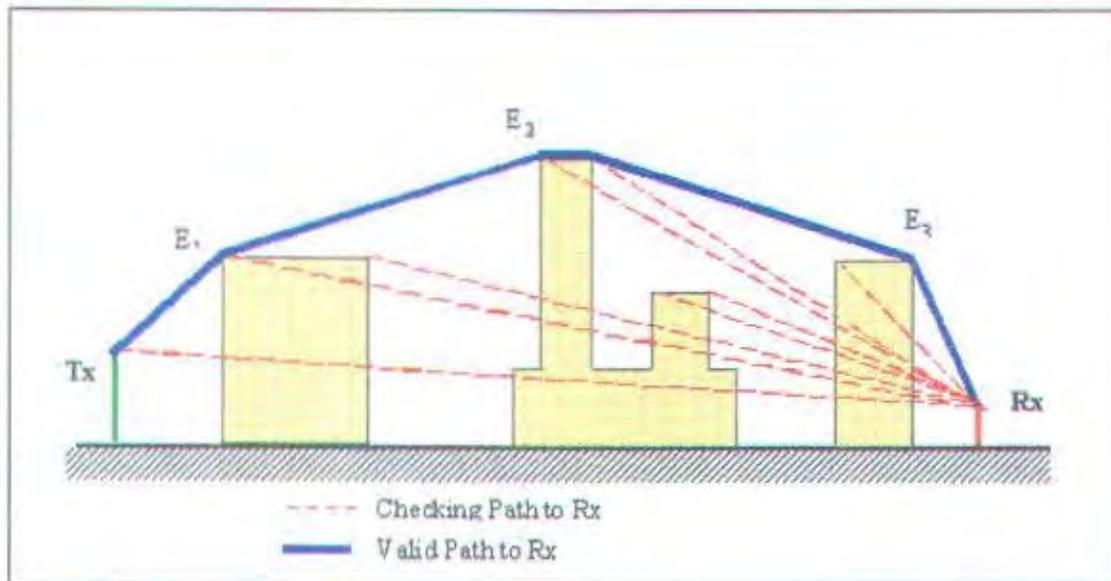
Langkah awal yang diambil dalam menentukan titik bias dari alur propagasi gelombang, dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Menentukan referensi titik awal pancar.
2. Menentukan referensi titik tujuan pancar.
3. Menentukan titik – titik tertinggi pada halangan/gedung yang ada sepanjang alur propagasi gelombang.

Setelah parameter – parameter diatas ditentukan maka proses selanjutnya adalah menarik garis lurus antara titik pemancar dan titik penerima, bila diantara keduanya tidak terdapat halangan, maka sitem dikatakan LOS. Jika tidak maka titik-titik puncak dari data terrain diasumsikan sebagai titik bias. Selanjutnya diterapkan validasi titik – titik bias dengan meneliti tiap – tiap titik mulai dari titik pancar ke titik bias ke-1 dan ke-2. Dari titik pemancar akan ditarik garis langsung ke titik bias ke-2, jika didapatkan garis baru tanpa membentur halangan diantaranya, maka garis baru tersebut dianggap valid dan dinotasikan sebagai  $S_0$ , dan jika halangan yang terdapat diantaranya menjadikan gelombang tidak LOS maka garis antara titik pancar ke titik bias ke-1 itulah yang dinotasikan sebagai  $S_0$ . Logika tersebut akan terus diulang pada titik bias selanjutnya sampai ke titik penerimaan.

Tiap titik yang telah valid dalam pengujian penentuan titik bias pada halangan vertikal, selanjutnya dinotasikan sebagai  $E_1, E_2, E_3, E_4, \dots, E_n$ . Notasi – notasi tersebut merupakan besaran kuat medan pada tiap titik bias ke-n ( $n > 0$ ). Titik – titik bias yang terjadi dan membentuk pola garis alur propagasi gelombang yang baru akan selalu berada dalam bidang propagasi vertikal. Perhitungan besarnya kuat medan

pada tiap titik-titik sepanjang lintasan propagasi gelombang akan dibahas pada sub bab selanjutnya pada bab ini.



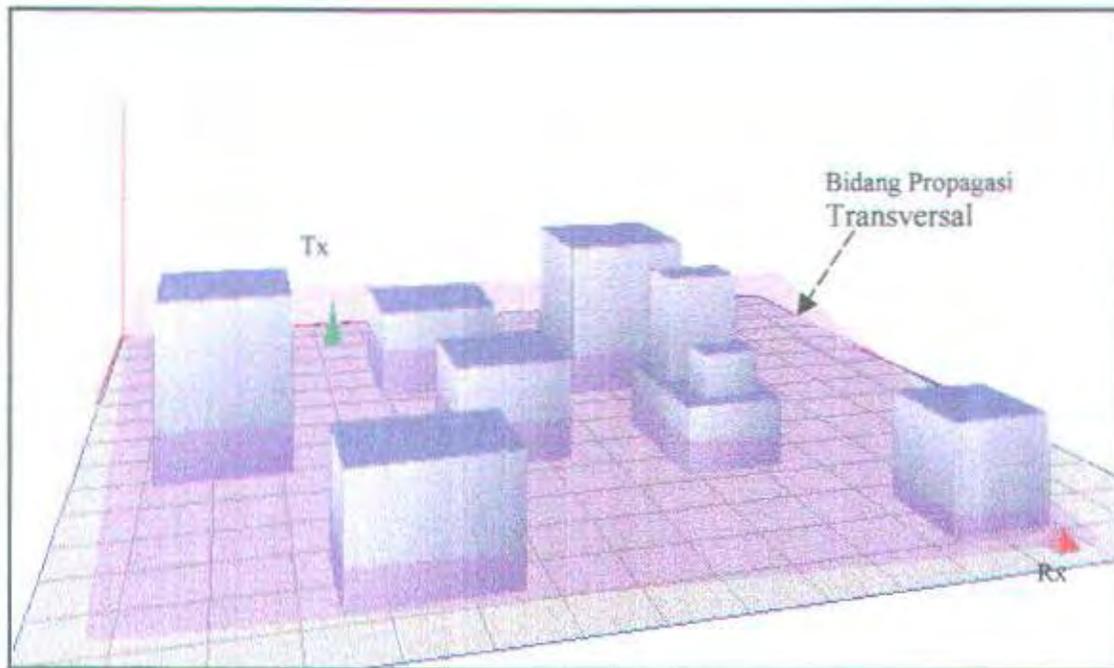
GAMBAR 3.5  
PENENTUAN LINTASAN PROPAGASI VERTIKAL

### 3.5.2 Lintasan Propagasi Transversal

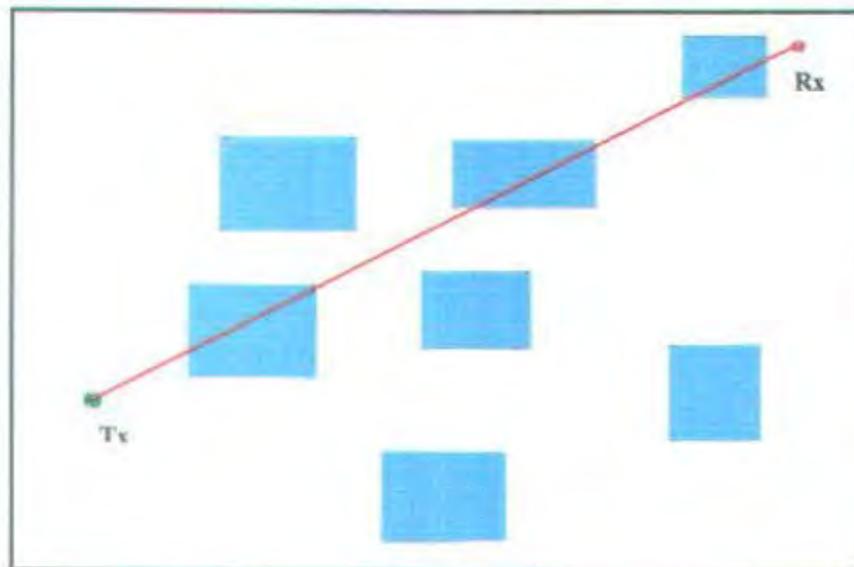
Lintasan gelombang yang merambat pada sisi-sisi gedung dinamakan lintasan propagasi transversal. Lintasan ini terletak pada bidang transversal, yaitu bidang yang tegak lurus dengan bidang vertikal dan melalui titik pemancar dan penerima. Untuk memperoleh lintasan propagasi transversal tidak semudah seperti menentukan lintasan propagasi vertikal, hal ini disebabkan karena tinggi pemancar dan penerima umumnya tidaklah sama sehingga bidang propagasi transversal umumnya tidak sejajar dengan bidang horizon.

Sebelum memperoleh lintasan propagasi transversal perlu di cari terlebih dahulu data penampang transversal. Data ini diperoleh dari mencari perpotongan atau irisan antara bidang propagasi transversal dengan objek halangan (gedung). Perpotongan tersebut dapat dicari dengan terlebih dahulu mengetahui persamaan bidang

propagasi transversal. Caranya dengan mencari perpotongan antara persamaan bidang propagasi transversal dengan tiap-tiap rusuk halangan yang berupa persamaan garis. Sebagai ilustrasi dapat dilihat pada gambar halaman berikut.

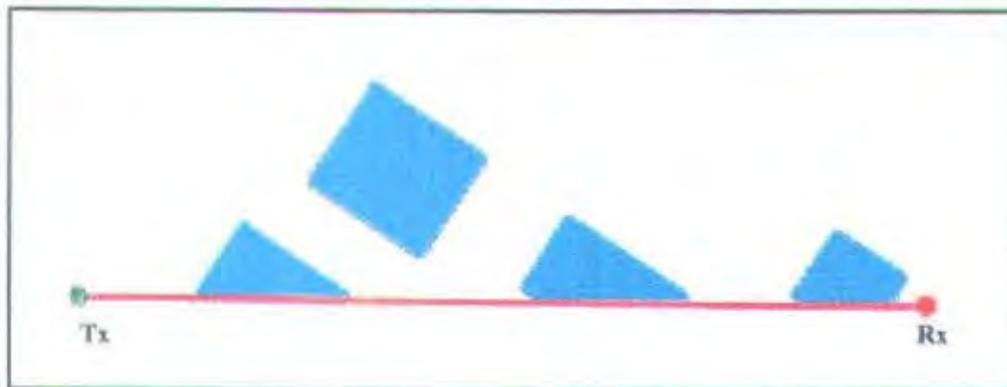


GAMBAR 3.6  
PENAMPANG TRANSVERSAL PADA PROFIL 3D



GAMBAR 3.7  
DATA TRANSVERSAL YANG MERUPAKAN IRISAN GEDUNG DENGAN BIDANG  
TRANSVESAL

Setelah data penampang transversal didapatkan langkah selanjutnya adalah mencari data terrain untuk lintasan kiri dan kanan. Data ini diperoleh dengan menarik garis dari pemancar ke penerima, kemudian diputar ke arah sumbu x sampai berhimpit dengan sumbu x sehingga didapat data seperti berikut



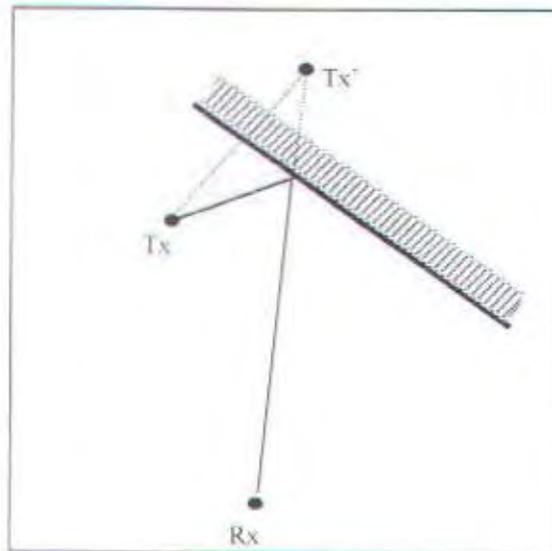
GAMBAR 3.8  
DATA TERRAIN KANAN

Langkah selanjutnya untuk mencari lintasan propagasi kiri sama dengan lintasan propagasi vertikal. Cara yang sama juga dapat diterapkan untuk mencari lintasan propagasi kanan, namun kordinat data penampang transversal harus diputar sampai berhimpit dengan sumbu y.

### 3.6 Penentuan titik pantul

Prinsip dasar penentuan titik pantul seperti yang telah dinyatakan dimuka adalah dengan menggunakan hukum snalius mengenai pantulan, dimana sudut datang sama dengan sudut pantul, dalam aspek 3D ada aturan lagi yang harus dipenuhi yaitu *plane of incident* harus tegak lurus dengan bidang pantul. Karena itulah lintasan pantulan umumnya tidak terletak pada bidang propagasi vertikal atau pun bidang propagasi transversal.

Penentuan titik pantul dapat dilakukan dengan metode titik bayangan, seperti ilustrasi berikut.



GAMBAR 3.9  
PANTULAN PADA PLANE OF INCIDENT

Metode titik bayangan dapat juga diterapkan dalam pantulan 3D dengan menggunakan pengetahuan tentang matematika vektor dan matematika ruang.

Bidang pantul merupakan bidang datar yang memiliki persamaan matematis  $Ax + By - Cz + D = 0$ , vektor  $\vec{a}$  dan  $\vec{b}$  merupakan vektor pada sisi atas dan samping gedung. Perkalian silang  $\vec{a}$  dan  $\vec{b}$  akan menghasilkan vektor  $\vec{c}$  yang tegak lurus bidang pantul. Jarak antara  $T_x(x_t, y_t, z_t)$  dengan bidang pantul sebesar  $d$ , dengan

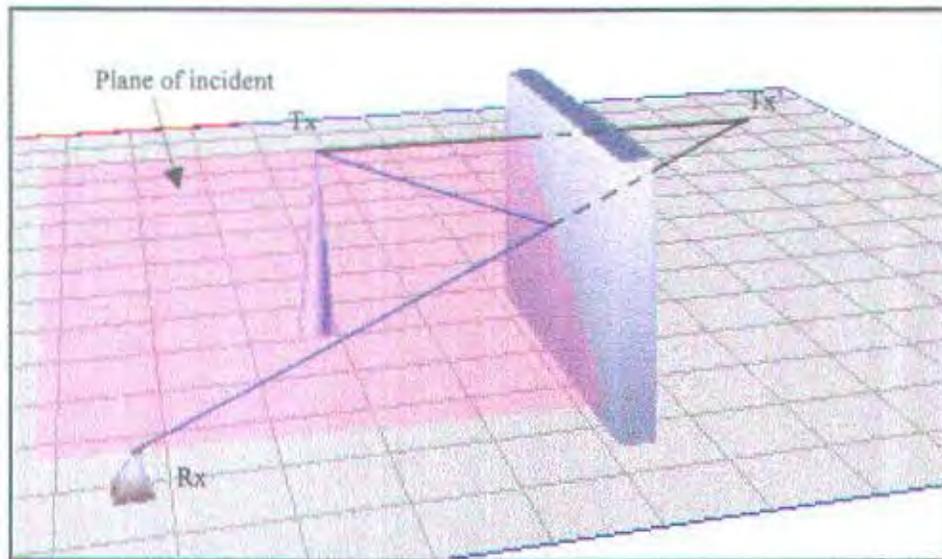
$$d = \left| \frac{A \cdot x_t + B \cdot y_t + C \cdot z_t + D}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}} \right| \quad (3.1)^{17}$$

<sup>17</sup> Soeharjo, Matematika II, FMIPA - ITS, Surabaya, 1995, p 7-4



sehingga jarak Tx dengan titik bayangan Tx' sebesar 2d. Untuk mengetahui kordinat Tx' diperlukan vektor satuan yang tegak lurus dengan bidang pantul, vektor ini tidak

lain adalah vektor  $\bar{n} = \frac{\bar{c}}{|\bar{c}|} = \frac{\bar{a} \times \bar{b}}{|\bar{a} \times \bar{b}|}$ , dengan demikian kordinat Tx' dapat diketahui.



GAMBAR 3.10  
PANTULAN PADA OBJEK 3D

Titik pantul Q didapatkan dari titik perpotongan antara garis Tx-Tx' dengan bidang pantul. Bila diantara titik Q dengan Tx dan antara titik Q dengan Rx terdapat halangan berarti tidak terjadi pantulan pada titik tersebut, begitu seterusnya validasi dilakukan untuk setiap titik pantul yang ada.

### 3.7 Perhitungan Kuat Medan Pada Titik-Titik Dominan

Dengan menerapkan konsep dari *Uniform Geometrical Theory of Diffraction* (UTD) disusun suatu program untuk menentukan kuat medan yang ada. Penggunaan dari teori ini dengan menerapkan formula dari halangan yang berpola wedge tunggal dan wedge ganda.

Penggunaan pola ini dengan asumsi bahwa lokasi yang akan digunakan berupa daerah urban yang banyak berstruktur kubus. Dan asumsi lain yang digunakan dalam proses perhitungan kuat medan dari program yang dibuat dengan mengasumsikan media tumbukan dari signal merupakan konduktor sempurna.

Seperti yang diuraikan diatas pola yang digunakan dalam perhitungan kuat medan pada program yang dibuat adalah pola halangan wedge tunggal dan wedge ganda yang merupakan pengembangan dari pola halangan wedge tunggal.

### 3.7.1 Proses perhitungan pada halangan wedge tunggal

Umumnya sinyal yang datang ke pemancar mengalami beberapa kali proses difraksi (*multiple diffraction*). Prinsip yang dipakai dalam perhitungan adalah sebagai berikut, pada halangan pertama sinyal yang datang merupakan sinyal LOS dari pemancar. Titik halangan wedge ke dua merupakan titik tujuan dari difraksi pertama, selanjutnya titik wedge pertama dianggap sebagai sumber pancaran gelombang dan begitu seterusnya.

Perhitungan kuat medan pada tiap titik pembiasan mempunyai formulasi identik dengan anggapan perhitungan kuat medan di titik bias ke-1 ( $E_1$ ) adalah merupakan proses perhitungan *Line of sight* antara titik pemancar dan titik bias ke-1 dengan panjang lintasan  $S_0$ . Untuk titik bias ke-2 ( $E_2$ ) dilakukan perhitungan dengan memperhitungkan koefisien difraksi dari titik bias ke-1 dan selanjutnya perhitungan kuat medan pada titik terima dilakukan dengan menganalisa koefisien difraksi pada titik bias terakhir sebelum menuju ke titik penerima.

Secara sistematis dapat dilakukan perhitungan kuat medan sebagai berikut:

1. Menentukan titik referensi dari kuat medan yang dipancarkan dengan menganggap titik pemancar sebagai titik referensi awal dengan besarnya kuat medan di titik tersebut adalah  $E_0$ .
2. Menghitung besarnya kuat medan di titik bias ke-1, diasumsikan perhitungan secara *line of sight*, dengan memperhatikan redaman kuat medan terhadap jarak dari titik pancar ke titik bias ke-1, dalam hal ini  $S_0$
3. Kuat medan di titik bias ke-1, dinotasikan sebagai  $E_1$ , didapatkan dengan persamaan 2.3 :

$$E_1 = \frac{E_0}{S_0} \times e^{(-\beta S_0)}$$

4. Menghitung koefisien difraksi dari wedge yang ada dengan parameter – parameter yang dibutuhkan antara lain :
  - Sudut datang ( $\theta_i$ )
  - Sudut Bias ( $\theta_d$ )
  - Panjang lintasan garis  $S_n$  ( $n > 0$ )
5. Setelah didapat parameter – parameter yang diinginkan, substitusikan ke persamaan (2.10) untuk mendapatkan koefisien difraksi untuk wedge tunggal
6. Menentukan besarnya faktor penyebaran cahaya (spreading factor) akibat pembiasan dengan persamaan :

$$A_n(s) = \frac{\sum_{n=0}^{n-1} s_n}{s_n \times \sum_{n=0}^n s_n} \quad (3.2)^{18}$$

7. Menghitung besarnya kuat medan di titik pengamatan dengan menggabungkan semua hasil perhitungan dalam persamaan (2.9):

$$E_n = E_{n-1} \times D_n \times A_n(s) \times e^{-jks_{(n-1)}}$$

dengan  $k = \frac{2\pi}{\lambda}$  dan  $\lambda = \frac{f_0 + f_d}{c}$ , dimana  $f_d$  adalah frekuensi doppler

seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya.

### 3.7.2 Proses perhitungan pada wedge ganda

Pola halangan wedge ganda pada dasarnya merupakan dua paralel edge dari wedge tunggal yang tersusun secara paralel dengan panjang tertentu. Hal ini terjadi karena struktur halangan/gedung berbentuk kubus layaknya yang terdapat pada gedung-gedung pada daerah perkotaan. Gelombang antara satu titik bias dengan titik bias lainnya yang mempunyai ketinggian yang sama, dimisalkan gedung dengan panjang atap tertentu atau gedung dengan lebar sisi bidang kiri dan sisi bidang kanan dengan lebar tertentu, akan merambat sepanjang atap atau sepanjang sisi gedung tersebut. Keadaan diatas menimbulkan analisa yang lebih kompleks untuk perhitungan kuat medan di titik-titik sepanjang lintasan propagasinya. Secara sederhana pola ha-

<sup>18</sup> Raymond J Luebbers, Propagation Prediction for Hilly Terrain Using GTD Wedge Diffraction, IEEE Trasaction On Antenas, Vol AP-32, no 9, sep 1984, p 951

langan ganda dapat digambarkan pada gambar 2.8 yang merupakan penggabungan dua wedge tunggal.

Hasil perhitungan kuat medan di titik pengamatan wedge ganda ini adalah dengan menggabungkan faktor-faktor yang muncul dalam proses pembiasan yaitu : koefisien difraksi, faktor penyebaran, peredaman kuat medan berdasarkan fungsi panjang lintasan. Secara umum persamaan tersebut dapat dinyatakan dalam bentuk :

$$E_d = E_0 \times D \times A(s) \times e^{-\beta S_{\text{total}}} \quad (3.3)^{19}$$

Dimana D adalah koefisien difraksi untuk pola halangan ganda seperti pada persamaan (2.11) Gambar 3.11 akan memperjelas perhitungan untuk pola halangan wedge ganda dan  $k = \frac{2\pi}{\lambda}$  dan  $\lambda = \frac{f_0 + f_d}{c}$ , dimana  $f_d$  adalah frekuensi doppler seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya.

### 3.7.3 Perhitungan sinyal pantul

Dalam program ini pantulan dapat terjadi karena pantulan tanah dan pantulan gedung. Pada prinsipnya kedua jenis pantulan tersebut sama. Pertama kali dihitung besarnya kuat medan pada titik pantul dengan menggunakan persamaan (2.3). Kuat medan ini disimbolkan dengan  $E_i$ . Untuk mencari kuat medan pada penerima digunakan persamaan (2.8)

$$E_r = E_i(Q) \cdot R_{h,v} \cdot A_s \cdot e^{-jk s_i}$$

<sup>19</sup> D.A. McNamara, C.W.I. Pistorius, J.A.G. Malherbe, *op cit*, p 169

dengan  $k = \frac{2\pi}{\lambda}$  dan  $\lambda = \frac{f_0 + f_d}{c}$ , dimana  $f_d$  adalah frekuensi doppler seperti

yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya.

Dari semua alur propagasi yang telah dihitung dijumlahkan dalam frekuensi domain untuk mendapatkan total kuat medan pada penerima dengan memperhitungkan arah dari datangnya sinyal ke penerima yang akan mempengaruhi frekuensi doppler. Jadi kuat medan pada penerima dirumuskan sebagai berikut

$$E_{\text{tot}} = E_{d_v} + E_{d_{\text{kiri}}} + E_{d_{\text{kanan}}} + E_{r_1} + E_{r_2} + \dots + E_{r_n} \quad (3.4)$$

Agar lebih memperjelas penjelasan diatas maka berikut ini diberikan cara perhitungan untuk propagasi pada halangan vertikal seperti gambar 3.11

$E_0$  adalah kuat medan pada pemancar E1 dihitung dengan rumus LOS

$$E_1 = \frac{E_0}{S_0} \cdot e^{-jks_0}$$

$E_2$  kuat medan karena difraksi pada titik 1 besarnya

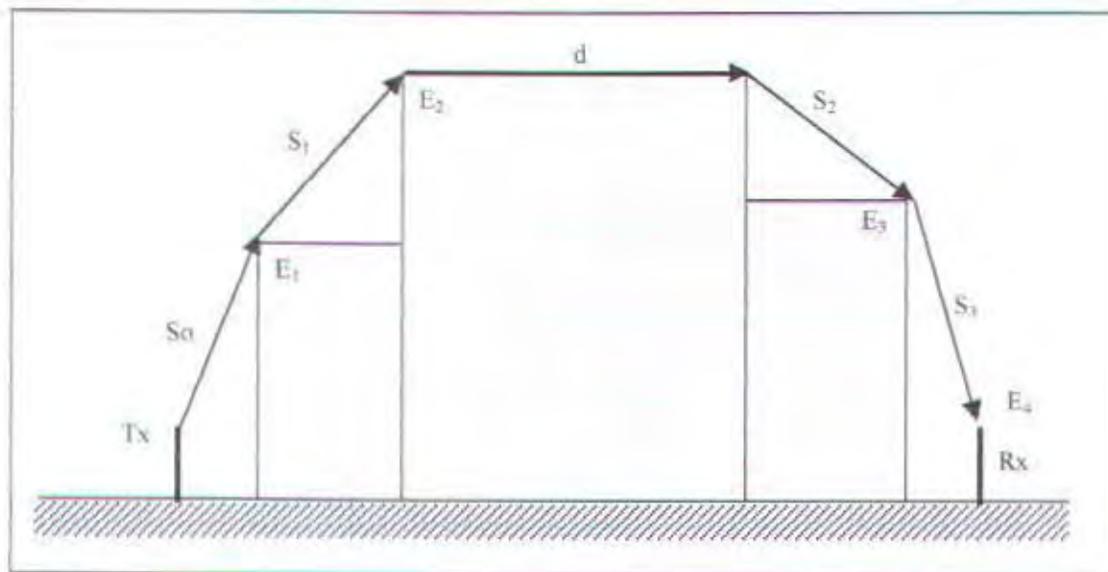
$$E_2 = E_1 \cdot D_{sw} \cdot \sqrt{\frac{s_0}{s_1(s_0 + s_1)}} \cdot e^{-jks_1}$$

$E_3$  kuat medan karena difraksi double wedge yang besarnya

$$E_3 = E_2 \cdot D_{dw} \cdot \sqrt{\frac{s_0 + s_1 + d}{s_2(s_0 + s_1 + s_2 + d)}} \cdot e^{-jks_2}$$

kuat medan pada pemancar adalah sebagai berikut:

$$E_{Rx} = E_3 \cdot D_{sw} \cdot \sqrt{\frac{s_0 + s_1 + s_2 + d}{s_3(s_0 + s_1 + s_2 + s_3 + d)}} \cdot e^{-jks_3}$$



GAMBAR 3.11  
CONTOH POLA HALANGAN

### 3.8 Perhitungan delay spread

Seperti yang telah di jelaskan pada bab sebelumnya, ada beberapa istilah untuk mengetahui ukuran penyebaran sinyal pada penerima, yaitu *mean delay*, *delay spread* dan *maximum delay*.

*Mean delay* dirumuskan sebagai berikut:

$$\bar{\tau} = \frac{\sum_n a_n^2 \cdot \tau_k}{\sum_n a_n^2} \quad (3.5)^{20}$$

Sedangkan *delay spread* disumuskan

$$\Delta = \sqrt{\overline{\tau^2} - \bar{\tau}^2} \quad (3.6)^{21}$$

<sup>20</sup> Theodore S. Rappaport, *Wireless Communication Principle & Practice*, Prentice Hall PTR, Upper Sadle River New Jersey, 1996, p. 160

<sup>21</sup> Theodore S. Rappaport, *loc. cit*

dengan

$$\overline{\tau^2} = \frac{\sum_n a_n^2 \cdot \tau_n^2}{\sum_n a_n^2}$$

dimana :

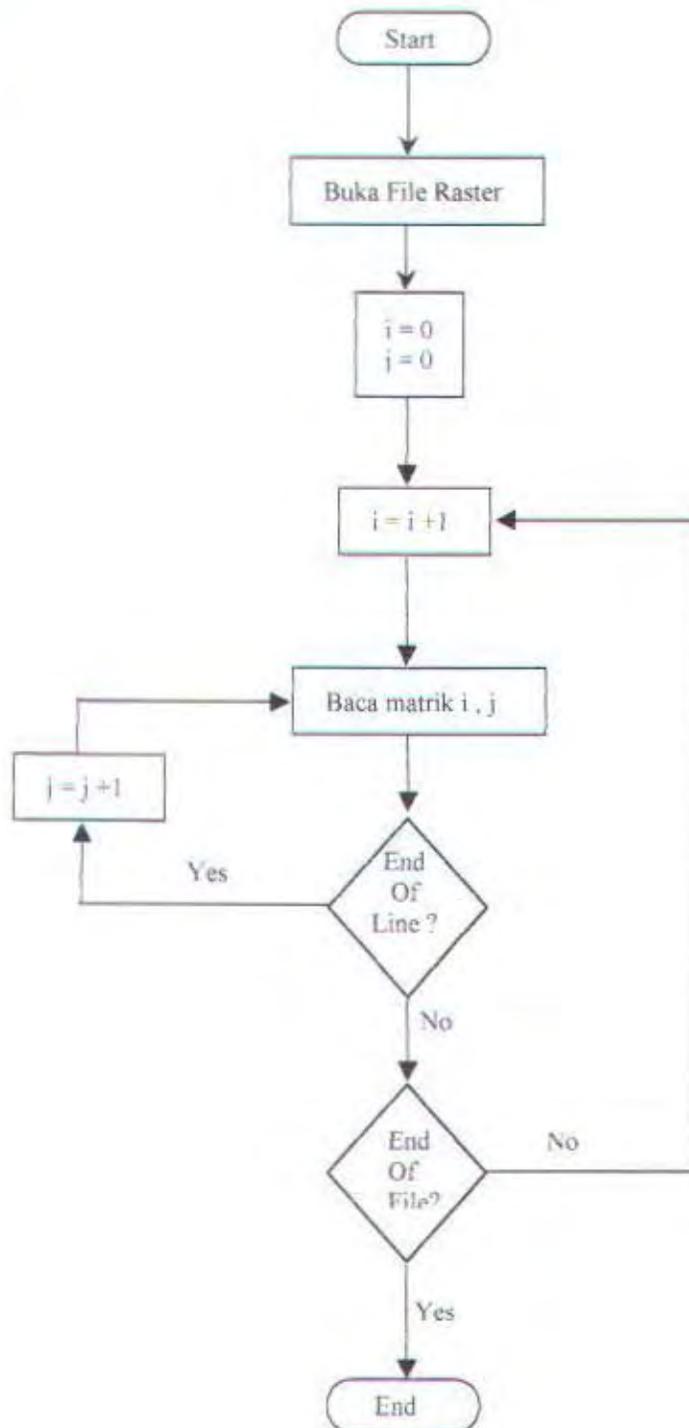
$a_n$  = Amplitudo pada lintasan ke n

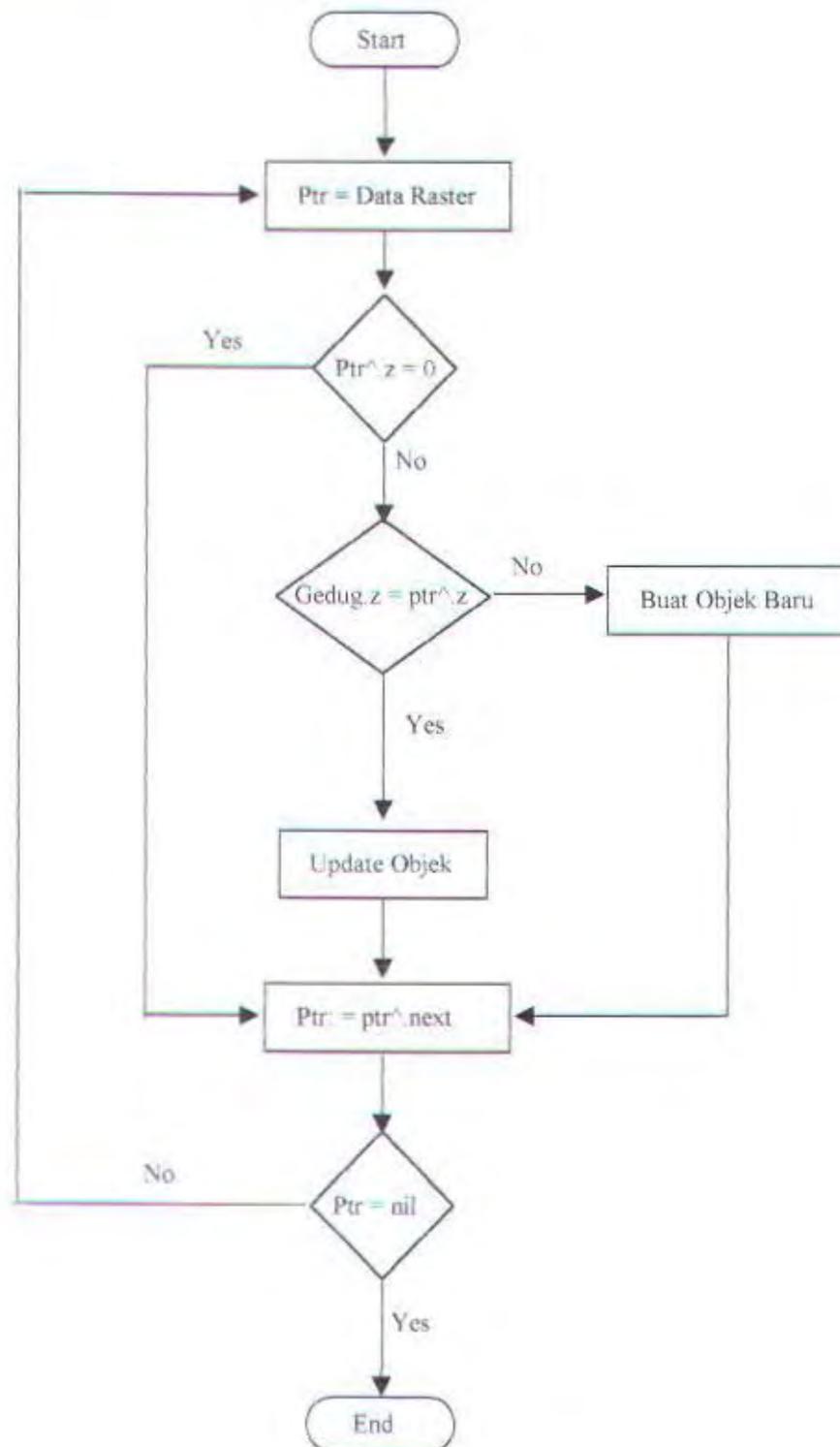
$\tau_n$  = Time delay lintasan ke n yang diukur relatif terhadap kedatangan sinyal pertama.

Pada perhitungan simulasi propagasi ini jumlah lintasan [n] ditentukan tiga ditambah dengan jumlah alur pantulan jika ada.

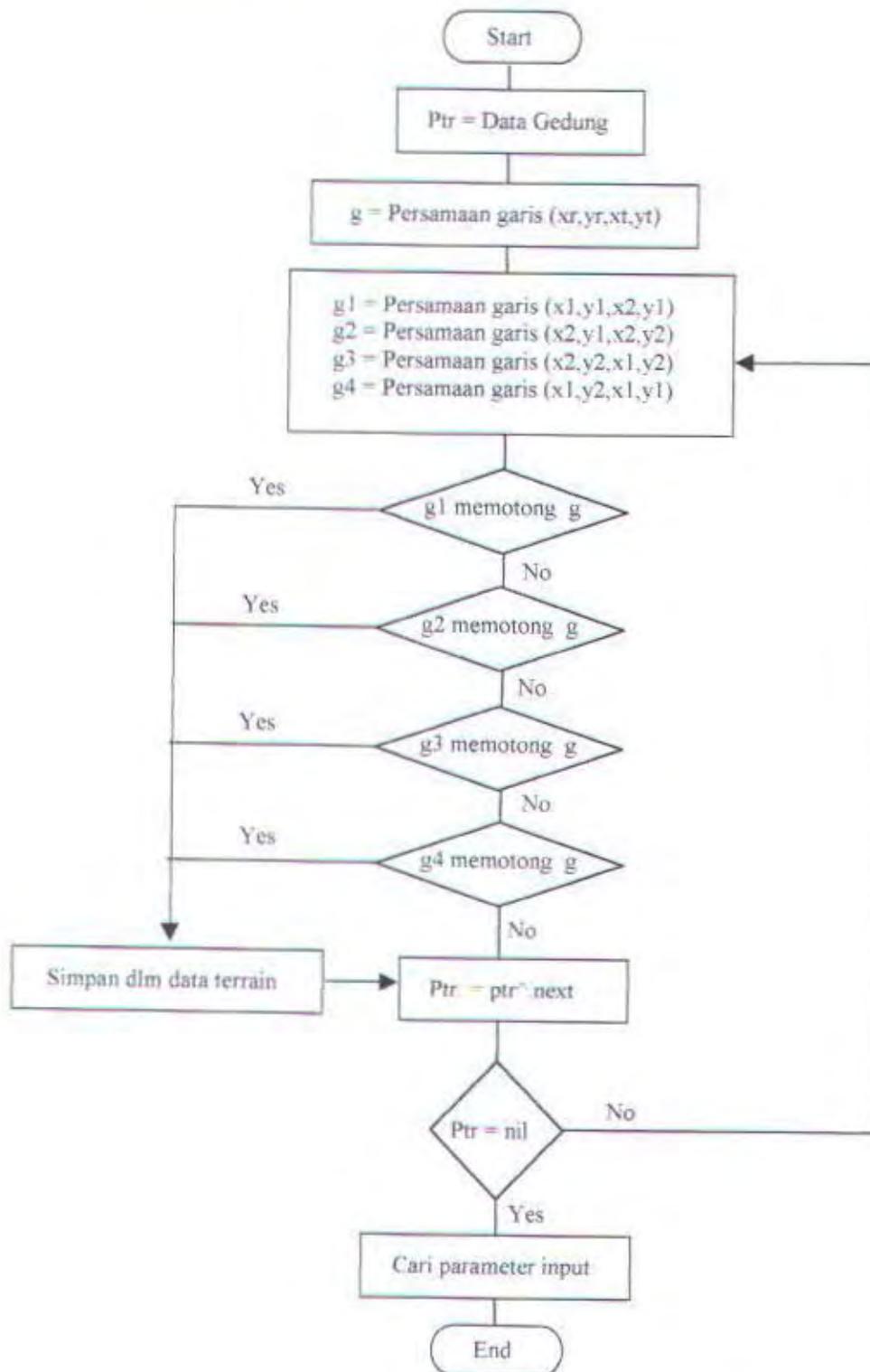
### 3.9 Diagram Alur Program

#### Baca Data Raster

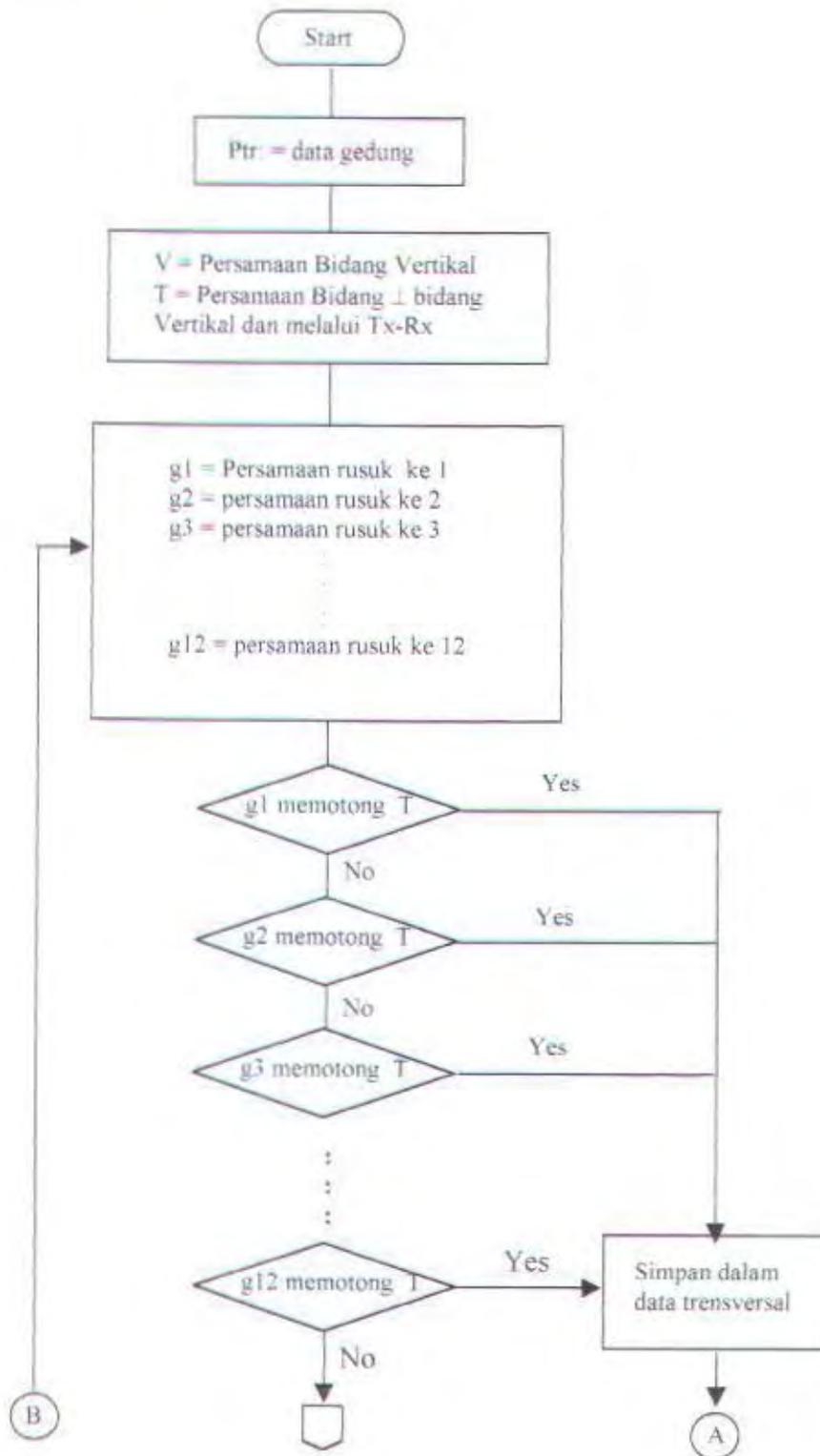


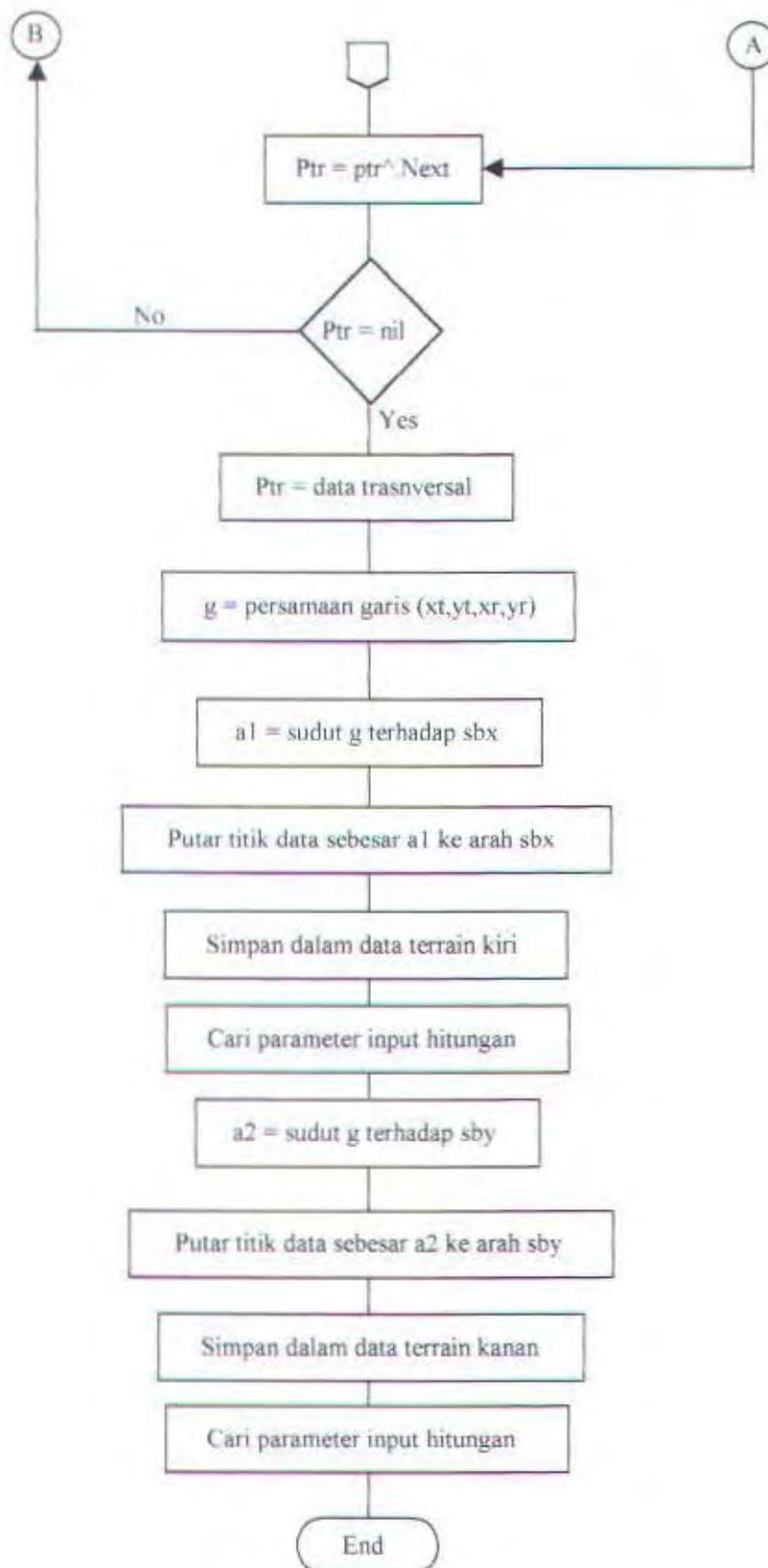
Konversi data Raster ke Data Vektor

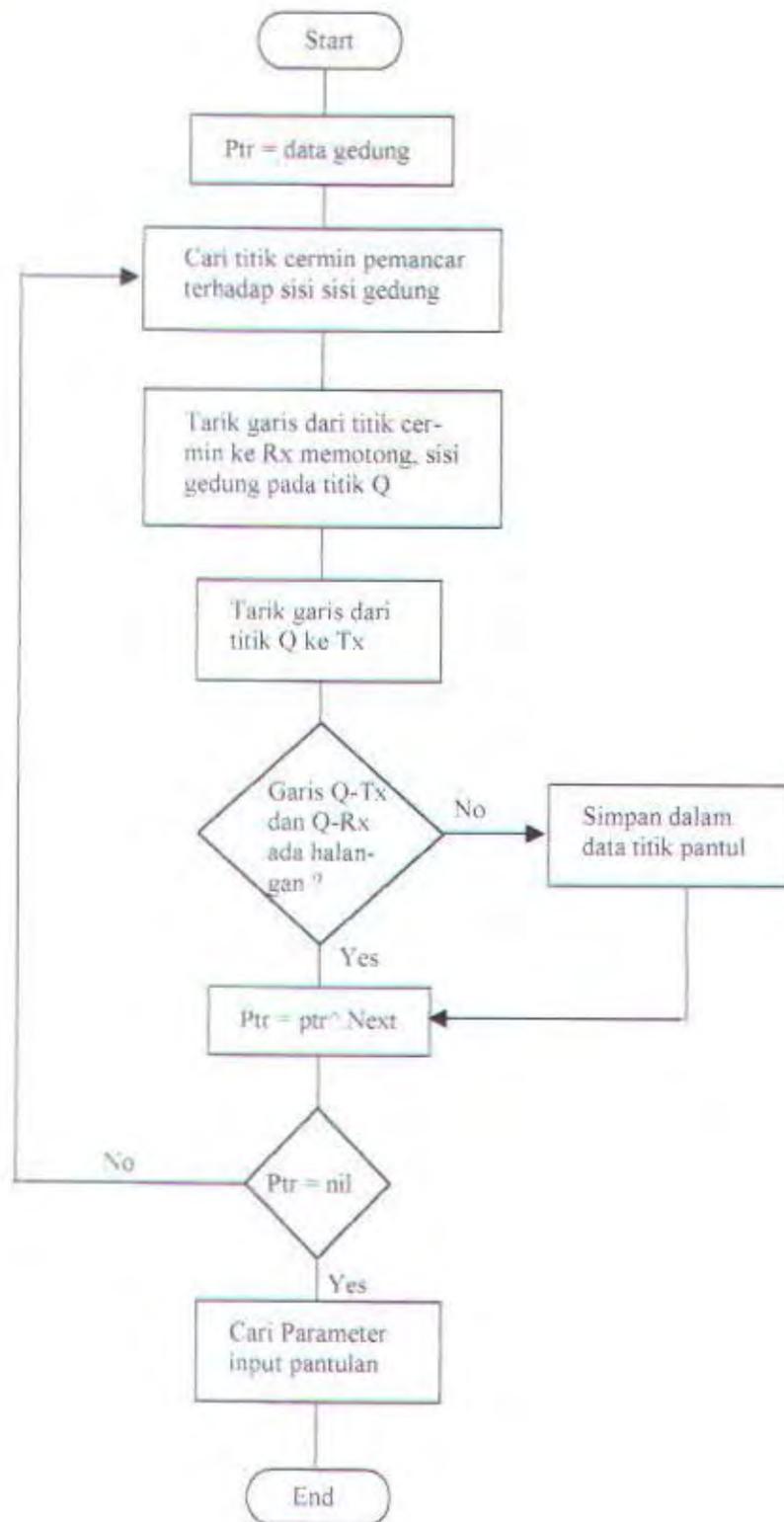
Mencari data vertikal terrain

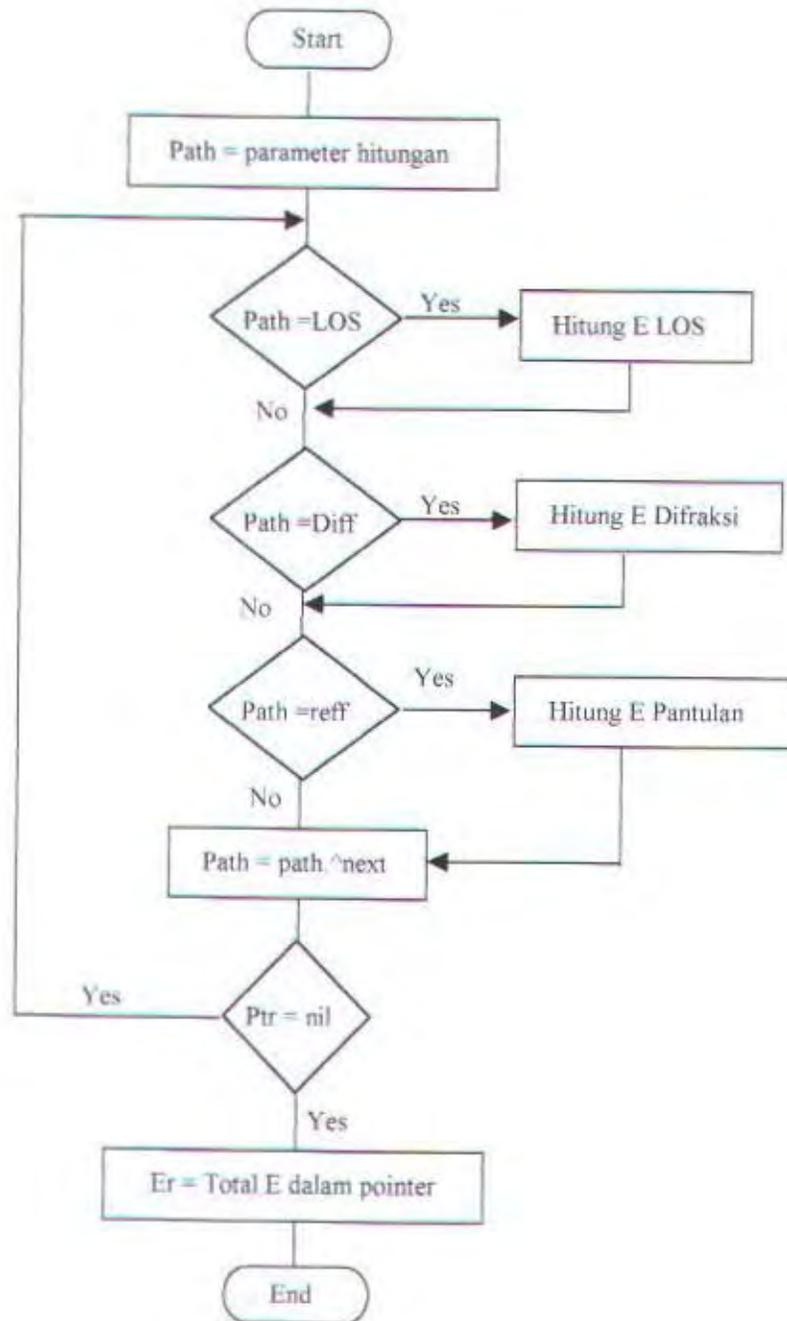


Mencari data terrain transversal





Mencari pantulan 3D

Perhitungan

## BAB IV

### HASIL PEMROGRAMAN

---

#### 4.1 Menu Utama Program

Software ini dibuat seinteraktif mungkin dengan mengutamakan penggunaan yang *user-friendly*. Adapun menu pada jendela utama pada program ini adalah sebagai berikut:

1. Menu File
2. Menu Edit
3. Menu Input
4. Menu View
5. Menu Hitung
6. Menu Option
7. Menu Help

##### 4.1.1 Menu file

Menu file terdiri dari beberapa sub menu antar lain New, Open, Save, Exit. Penjalsan dari submenu tersebut terpapar sebagai berikut

###### New

Digunakan untuk membuat data gedung baru, ketika menu ini di pilih akan muncul *window setting area*. Pada *windows* ini telah ditentukan nilai default dari resolusi layar sebesar 1 m<sup>2</sup>/pixel dan luas area 450 m x 450 m. Nilai ini dapat dirubah menjadi 2 m<sup>2</sup>/pixel dengan luas area 900 m x 900 m.

Nilai default yang lain saat menu ini dipilih adalah kordinat transmiter terletak pada (100,100) m dengan ketinggian 40 m. Dan kordinat penerima pada (300,350) dengan ketinggian 7 m. Parameter pemancar default antara lain frekuensi kerja sebesar 900 MHz, kuat medan pemancar 100 volt/m. Sedangkan parameter default penerima antara lain kecepatan penerima 10 km/jam .

#### Open

Menu ini digunakan untuk membuka data dari media penyimpanan. Ada dua macam data yang dapat dibuka oleh software ini. Yaitu file data propagasi yang mempunyai ekstensi \*.fdp dan file data raster dengan ekstensi \*.dat. File \*.fdp merupakan file data vektor yang berisi informasi data gedung, pemancar dan penerima. Sedangkan file \*.dat merupakan file data raster yang menyimpan informasi data gedung saja.

Saat membuka file data raster ( \*.dat ) akan muncul *windows* yang menginformasikan data raster yang akan dibuka. *Window* ini membutuhkan masukan dari user berupa informasi resolusi pixel data yang akan di buka. Syarat yang harus dipenuhi untuk pengisian resolusi data pixel ini adalah bahwa perkalian antara resolusi data dengan jumlah pixel data harus tidak lebih dari 1000 m.

#### Save

Digunakan untuk menyimpan informasi data gedung yang ada pada layar image ke dalam media penyimpanan. Data dapat disimpan dalam dua format yaitu data raster (\*.dat) dan data vektor (\*.fdp). Kedua jenis data ini telah di jelaskan pada sub bab sebelumnya.

#### Exit

Digunakan untuk keluar ke dalam sistem operasi *window*.

#### 4.1.2 Menu Edit

Menu file terdiri dari beberapa menu even yang sedang aktif dan menu delete. Menu even merupakan menu yang menunjukkan even yang sedang aktif dalam program.

##### Edit Building

Bila mode atau even ini aktif maka pada layar editor dapat dilakukan pengeditan terhadap gedung-gedung. Ada dua cara dalam melakukan editing gedung, yang pertama dengan melakukannya secara *drag and drop* yaitu menekan tombol kiri mouse lalu mengubah posisi pointer mouse sambil tetap menekan tombol kiri mouse, kemudian setelah mendapatkan posisi yang tepat dari gedung tersebut tombol kiri mouse dilepaskan.

Cara lain melakukan editing adalah dengan menekan tombol kanan mouse pada gedung yang dikehendaki. Begitu cara ini dilakukan akan muncul *windows* editing gedung yang dapat merubah kordinat kanan atas gedung, panjang gedung, lebar gedung, dan tinggi gedung

##### Edit Transmitter

Saat mode ini aktif maka pada layar editor dapat dilakukan pengeditan pada transmitter. Tranmitter diberi tanda lingkaran hijau pada layar editor. Pengeditan juga dapat dilakukan dengan dua cara, *drag and drop* dan klik kanan. *Drag and drop* digunakan untuk menubah kordinat penerima sedangkan klik kanan digunakan untuk mengubah parameter pemancar seperti kordinat pemacar, tinggi pemancar, frekuensi yang digunakan dan kuat medan pada pemancar.

### Edit Receiver

Ketika mode ini aktif user dapat melakukan editing pada receiver. Proses editing sama dengan saat melakukan edit transmitter.

### Add Building

User dapat melakukan penambahan pada layar editor dengan cara *drag and drop*. Penambahan gedung dapat pula dilakukan diatas gedung yang telah ada. Saat melakukan penambahan gedung maka komputer memberi nilai default pada tinggi gedung yang dibuat, sebesar 30 m.

### Delete All

Digunakan untuk menghapus seluruh informasi gedung pada layar editor dan mengembalikan semua nilai pada default yang ada.

## **4.1.3 Menu Input**

Menu ini digunakan untuk mengisi atau merubah parameter input program. Terdiri dari dua sub menu yaitu transmitter dan receiver

### Transmitter

Saat sub menu ini di pilih akan muncul *window* seting pemancar dimana user dapat melakukan perubahan parameter pemancar seperti kordinat pemancar, tinggi pemancar, frekuensi kerja, dan kuat medan pemancar.

### Receiver

Sub menu ini memungkinkan user merubah parameter penerima seperti kordinat dan kecepatan penerima.

#### 4.1.4 Menu View

Menu ini digunakan untuk melihat data gedung yang ada pada layar editor secara 3D. Ada tiga sudut pandang yang dapat dilakukan, yang masing-masing diwakili oleh menu even (mode) Bird view, Top View, dan Side view.

##### Bird view

Saat mode ini aktif maka datagedung 2D yang ada pada layar editor akan diubah menjadi objek 3D, dengan sudut elevasi tertentu yang mendekati horizon.

##### Top View

Data pada layar editor diubah ke dalam 3D dengan sudut pandang dari atas.

##### Side View

Mode 3D dengan sudut pandang dari samping.

Dari ketiga mode diatas dapat dilakukan pemutaran / rotasi sehingga dapat memperjelas posisi alur propagasi yang terjadi.

Render digunakan untuk mengetahui objek 3D secara lebih tepat.

#### 4.1.5 Menu Hitung

Menu ini digunakan untuk melakukan kalkulasi dari data yang telah dibuka sebelumnya. Terdiri dari beberapa sub menu antara lain, Satu titik, Seluruh Lokasi dan tiap satuan waktu.

##### Satu titik

Menu ini dipergunakan untuk menghitung kuat medan pada satu titik penerima saja. Dimana penerima tersebut memiliki kordinat yang sama seperti pada layar editor.

##### Seluruh Lokasi

Bila menu ini dipilih, user akan dibawa pada *window* yang berisi data gedung 2D, kemudian bila ditekan tombol hitung, maka program akan menghitung kuat medan dari kordinat (0,0) sampai keseluruhan luas area dengan resolusi perhitungan yang sama dengan resolusi data raster.

Hasil dari perhitungan merupakan degradasi warna yang menunjukkan nilai kuantitas dari lokasi yang di hitung. Color Sample digunakan untuk menambah atau sampel warna yang digunakan. Semakin besar sampel warna semakin teliti warna yang berkorelasi dengan besarnya kuantitas tertentu dan sebaliknya.

#### Tiap Satuan waktu

Pada menu ini digunakan untuk menghitung besarnya kuat medan persatuan waktu pada interval waktu tertentu. Perhitungan di sini hanya menggunakan satu titik penerima.

#### **4.1.6 Menu Options**

Menu ini digunakan untuk memberikan keleluasaan pada user dalam usaha mengetahui lintasan propagasi secara lebih detail. Menu ini terdiri dari 2 menu even dan 3 sub menu yaitu: Show Edge, Show Propagation Line, Show Transversal Propagation Plane, Show Vertical Propagation Plane, dan Show 2D Plane.

#### Show Edge

Saat mode ini aktif, maka pada rusuk-rusuk gedung akan tampak garis-garis pembatas hitam. Dan sebaliknya saat mode ini tidak aktif, tidak tampak adanya garis pada rusuk rusuk gedung.

#### Show Propagation Line

Saat mode ini aktif, maka pada layar 3D akan langsung tampak lintasan propagasi dan sebaliknya.

#### Show Transversal Propagation Plane

Sub menu ini digunakan untuk mengetahui data transversal dan alur propagasi pada bidang penampang transversal. Saat sub menu ini di klik maka *window* Transversal propagation Plane akan muncul. Di dalam *window* ini ditampilkan penampang transversal dari potongan gedung pada bidang transversal.

#### Show Vertical Propagation Plane

Sub menu ini sama dengan sub menu sebelumnya namun yang ditampilkan adalah penampang vertikal dari gedung pada bidang vertikal.

#### Show 2D Plane

Saat sub menu ini diklik maka akan keluar *window* yang berisi data gedung secara 2D beserta lintasan propagasi yang ada.

Pada ketiga sub menu diatas, terdapat tombol note yang berfungsi untuk mengetahui parameter perhitungan dari setiap lintasan propagasi.

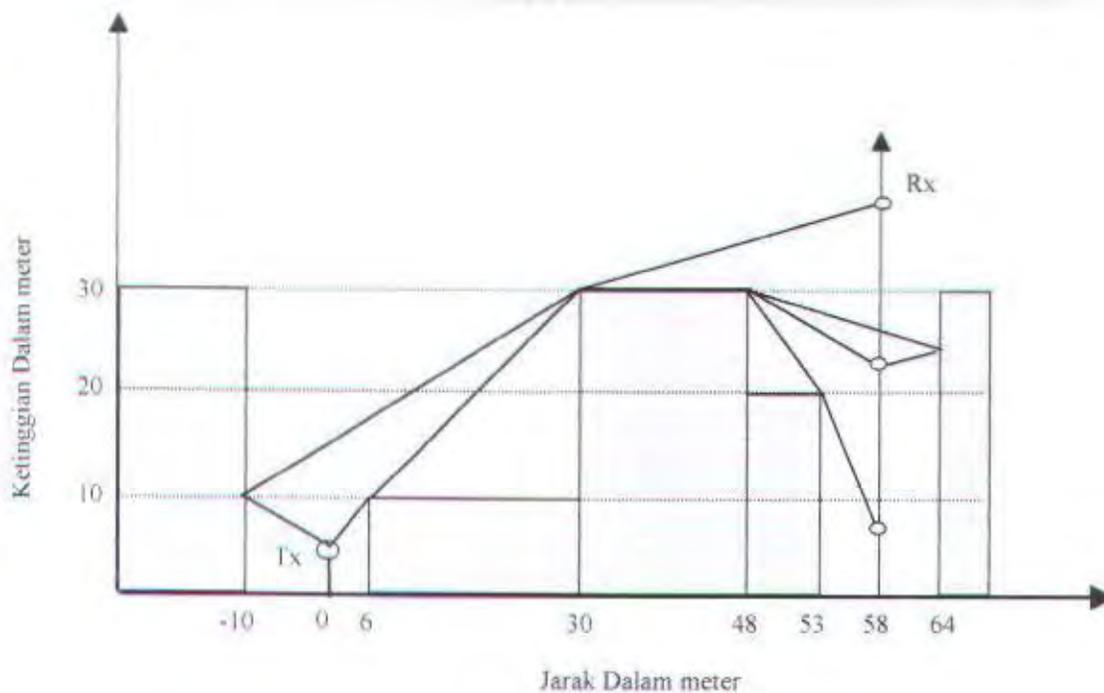
### **4.1.7 Menu Help**

Menu ini terdiri dari 2 sub menu yaitu About yang berisi tentang informasi pembuat software dan help topik yang berisi cara penggunaan program.

### **4.2 Analisa hasil Perhitungan.**

Yang menjadi perhatian utama dari software ini adalah penentuan kuat medan dititik pengamatan. Untuk melakukan validasi dari program dibuat suatu pola terrain tersendiri yang merujuk pada data COST321TD(90). Pola terrain yang ada dari jour-

nal tersebut dibuat dengan alur proses yang cukup lengkap, baik itu proses pemantulan sekitar pemancar dan penerima maupun halangan Wedge ganda. Pola terrain dibuat seperti gambar 4.1.

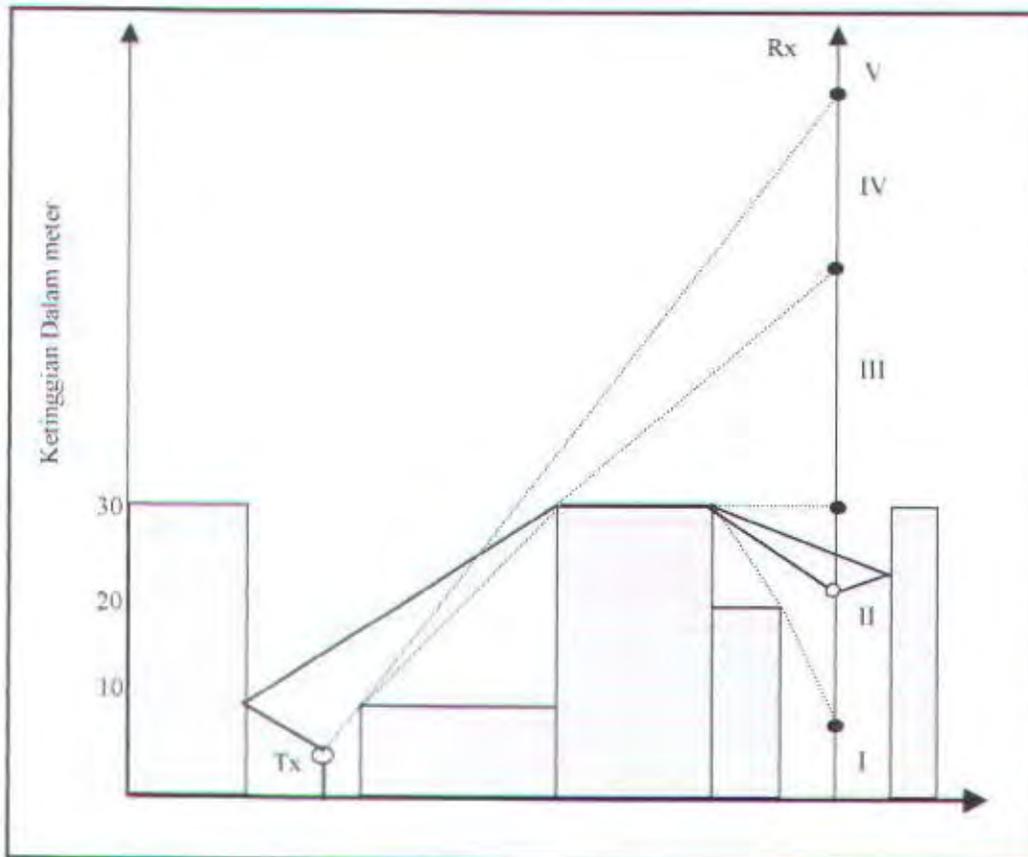


GAMBAR 4.1  
DATA POLA TERRAIN COST321TD(90)

Pada gambar diatas memperlihatkan kondisi yang lengkap yang mungkin terjadi pada penentuan alur sinyal yang ada. Pada gambar 4.2 diperlihatkan pembagian daerah pengamatan.

Pada daerah I merupakan daerah paling gelap dimana sinyal sampai pada daerah itu melalui beberapa kali pembiasan oleh wedge tunggal dan pembiasan oleh wedge ganda, serta pemantulan. Daerah II merupakan daerah gelap dimana besarnya kuat medan yang diterima mengalami pembiasan oleh wedge tunggal dan wedge ganda. Pada daerah ini sinyal yang diterima juga berasal dari pantulan. Daerah III

merupakan daerah dimana sinyal yang diterima mengalami pembiasan oleh wedge tunggal dan pantulan. Pada daerah IV sinyal yang diterima merupakan sinyal pantul dan pembiasan oleh sebuah wedge tunggal. Dan yang terakhir daerah V, disini sinyal yang sampai hanya mengalami pemantulan dan pancaran langsung (LOS).



GAMBAR 4.2  
PEMBAGIAN DAERAH PENERIMAAN PADA POLA PROFILE

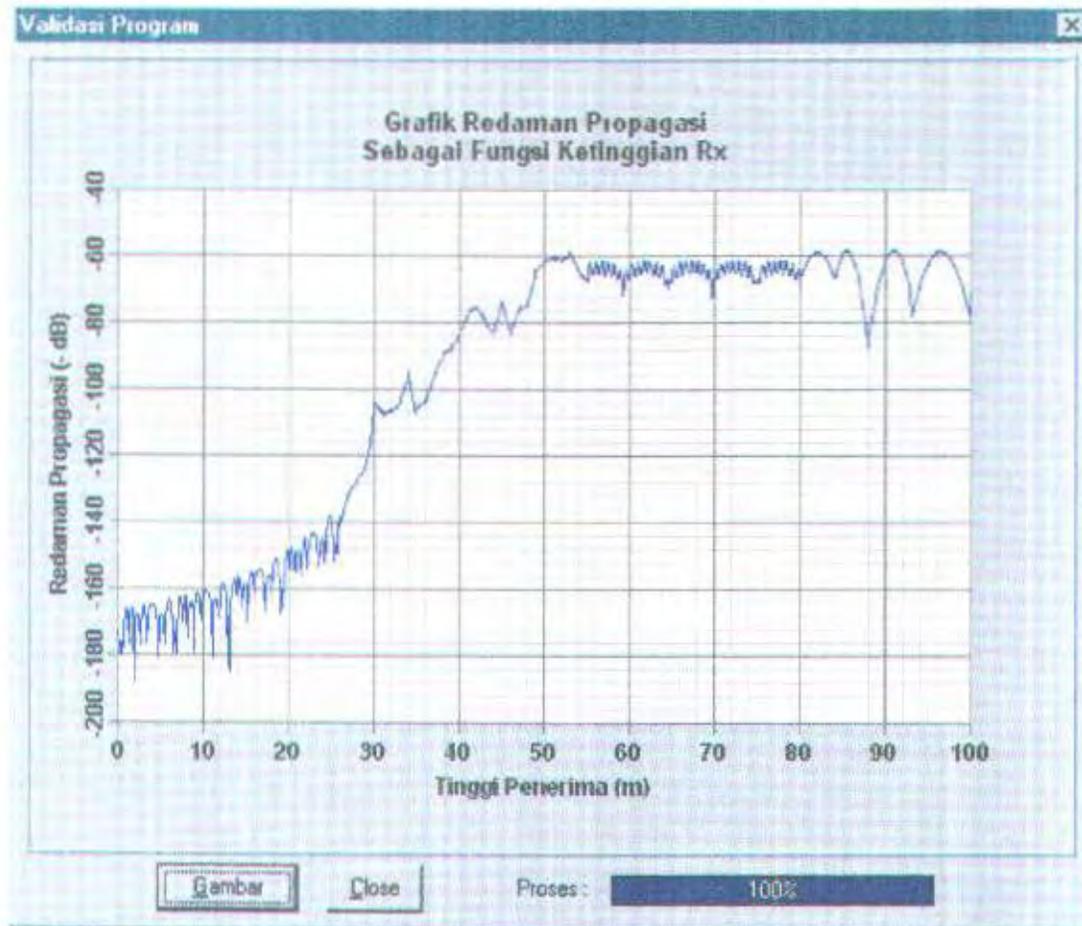
Untuk mengetahui peredaman yang terjadi pada perubahan signal terhadap ketinggian penerimaan dilakukan dengan mengambil kurva peredaman dalam decibel terhadap perubahan ketinggiannya, sehingga dari hasil perhitungan didapatkan pola seperti gambar 4.3

Gambar 4.3 yang merupakan hasil perhitungan dapat divalidasikan dengan data yang telah didapatkan dari COST321TD(90) yang mereferensikan pola terain yang

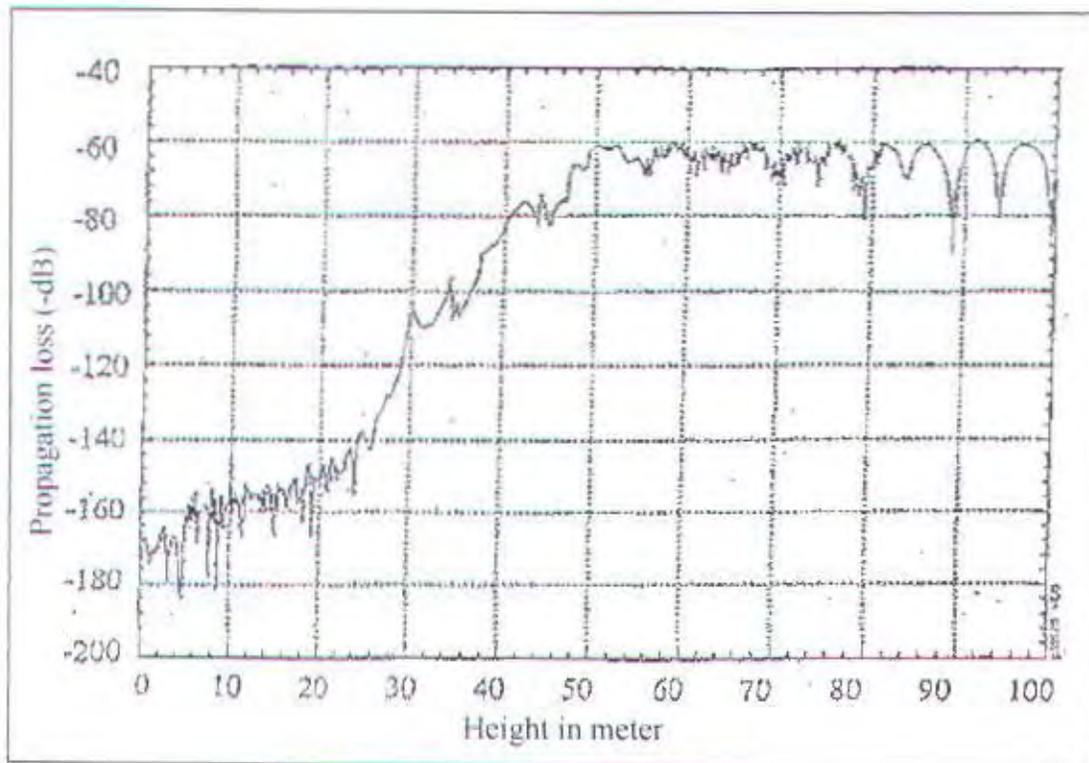
dibuatnya, yang terlihat pada gambar 4.4. Dengan membandingkan data dari hasil perhitungan dengan data hasil dari COST321TD(90) di peroleh kesamaan pola diantara keduanya. Untuk mengetahui berapa kuat medan pada tiap-tiap pembagian daerah dapat dilihat pada tabel berikut

TABEL 4.1  
PERBANDINGAN PERHITUNGAN PROGRAM DENGAN DATA COST321TD(90)

BAGIAN	KURVA PEREDAMAN (dB)	
	Hasil Perhitungan	COST321TD(90)
Daerah I	-180	-180
Daerah II	-154	-154
Daerah III	-80	-80
Daerah IV	-65	-65
Daerah V	-60	-60



GAMBAR 4.3  
GRAFIK REDAMAN HASIL PERHITUNGAN PROGRAM



GAMBAR 4.4<sup>22</sup>  
GRAFIK REDAMAN DARI COST321TD

---

<sup>22</sup> M. Leberz, W. Wiesbeck, A new approach for wave propagation modelling in urban area, EURO-COST, Des 1990

## BAB V

### PENUTUP

---

#### 5.1 Kesimpulan

Dari apa yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pemodelan propagasi pada daerah urban dalam bentuk tiga dimensi dapat didekati dengan model dua dimensi dengan cara membagi lintasan propagasi menjadi lintasan propagasi vertikal, lintasan propagasi transversal dan lintasan pantulan yang terletak pada *incident plane*. Struktur gedung-gedung dalam daerah urban dimodelkan dalam bentuk data raster yang memuat ketinggian dan posisi dari gedung-gedung tersebut.
2. Dengan menggunakan pemodelan seperti tersebut diatas, terdapat dua jenis halangan dominan pada simulasi propagasi gelombang radio di daerah urban, yaitu halangan wedge tunggal dan halangan wedge ganda
3. Dalam menghitung kuat medan di setiap titik pada daerah urban terdapat sedikitnya tiga macam daerah penerimaan yang berbeda, yaitu daerah bayangan, daerah *line of sight*, daerah pantulan, ataupun perpaduan dari ketiga daerah tersebut. Dengan adanya pantulan menambah jumlah multipath yang ada. Sinyal pantul yang diterima pada daerah bayangan memiliki kontribusi yang lebih besar dibandingkan dengan sinyal yang terdifraksi. Kuat

medan pada daerah bayangan sangat dipengaruhi oleh ketinggian halangan, jarak halangan dengan penerima, sudut difraksi dan jenis halangan.

## 5.2 Saran

Dengan diselesaikannya pembuatan program simulasi propagasi gelombang pada daerah urban ini disarankan beberapa hal penting antara lain:

1. Alur propagasi yang dianalisa tidak terbatas hanya tiga jalur pengamatan saja tetapi diusahakan dapat jauh lebih banyak lagi sehingga pendekatan hasil perhitungannya dapat lebih sempurna untuk itu diperlukan sarana pendukung seperti komputer dengan kecepatan dan kemampuan tinggi yang dapat memproses data-data yang sangat besar secara cepat.
2. Perlunya hasil perhitungan di analisa secara statistik sehingga lebih mudah untuk dapat mengetahui karakteristik propagasi di daerah urban.
3. Pada data yang diolah perlu di tambahkan data penunjang lain selain ketinggian, berupa permivitas, permeabilitas dan konduktifitas dari bahan sehingga diperoleh hasil yang makin mendekati kenyataan.
4. Karakteristik halangan yang terjadi diusahakan dapat lebih kompleks lagi dengan bentuk-bentuk convex, kerucut, prisma atau bentuk lain yang mendekati keadaan sebenarnya dari terrain yang diamati di daerah urban.

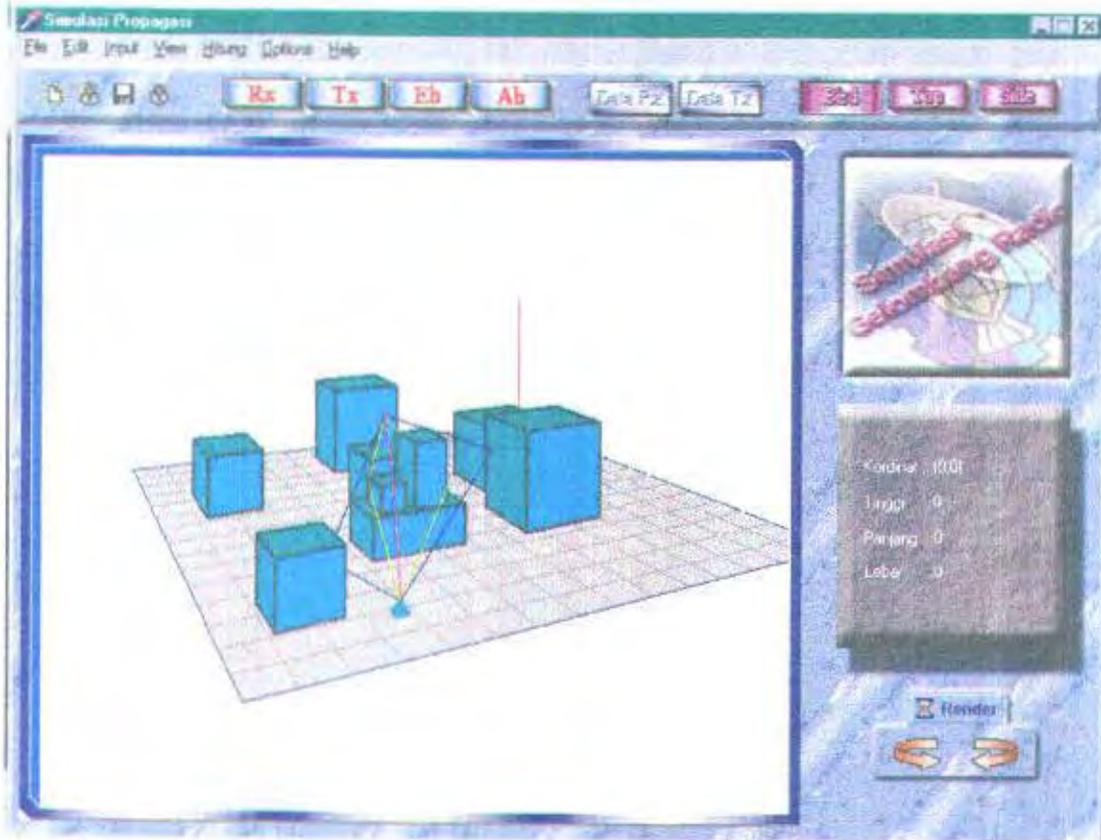
## DAFTAR PUSTAKA

---

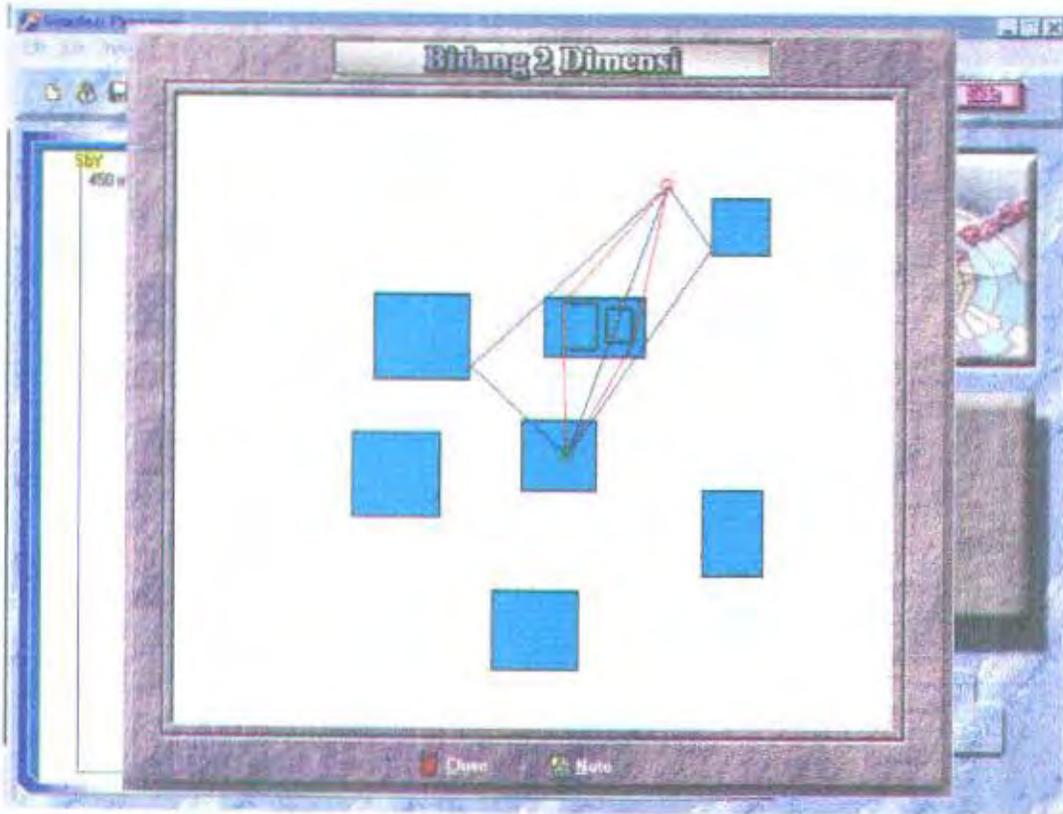
1. Agustinus Nalwan, **Pemrograman Animasi dan Game Profesional 3**, Elex media komputindo, Jakarta 1996.
2. Arie Michaeli, **A Hybrid Asymptotic Solution for The Scattering by A pair of Parallel Perfectly Conducting Wedges**, IEEE Trasaction On Antennas and Propagation, 5 Mei 1990
3. D.A McNamara, C.W.I. Pistorius, J.A.G. Malherbe, **Introduction To The Uniform Geometrical Theory of Diffraction**, Artech House, London, 1990
4. Kouyoumijan R, **High Frequency Scattering of Plane Wave from Double Wedge**, IEEE Trans. AP, Vol 37, Sept 1989
5. Kouyoumijan R, Pathak P, **Uniform Geometrical Theory of Diffraction for an Edge in a Perfectly Conducting Surface**, IEEE Proc, Vol 62, no 11, Nov 1974.
6. Kurner Thomas; Werner Weisbeck, **Concept and Result for 3D Digital Terrain-Based Wave Propagation Models : An Overview**, IEEE Journal, vol. 11, no. 7, Sept 1993
7. Lebhaerz, M, **A Versatile Wave Propagation Model for The UHF/VHF Considering 3-D Terrain**, IEEE Jornal Vol 40 No 10, Oktober 1992
8. Lebherz, M, Wiesbeck, W, **A new approach for wave propagarion modelling in urban area**, EURO-COST, Des 1990
9. Lee, William C.Y. **Mobile Communication Engineering**, McGraw Hill Book, UK, 1982

10. Lee, William C. Y, **Mobile Cellular Telecommunications**, second edition, McGraw-Hill, inc, 1995.
11. Rappaport, Theodore S. **Wireless Communication Principle & Practice**, Prentice Hall PTR, Upper Sadle River New Jersey, 1996
12. Raymond J. Luebbers, **Propagation Prediction for Hilly Terrain Using GTD Wedge Diffraction**, IEEE Trasaction On Antenas, Vol AP-32, no 9, sep 1984
13. Rudi Lumanto, Bambang H.T, **Study of Wave Propagation Model in Urban Areas**, Journal BPP Teknologi Dir TEL, 1995
14. Socharjo, **Matematika II**, FMIPA – ITS, Surabaya, 1995
15. S. Y. Tan and H. S. Tan, **UTD Propagation model in an urban area street scene for micro-cellular communication**, IEEE Trans. Elektromagnet, Compal. Vol. 37, Nov 1993
16. Xavier Pacheco & Steve Teixeira, **Delphi Develper's Guide**, Borland Press, 1996

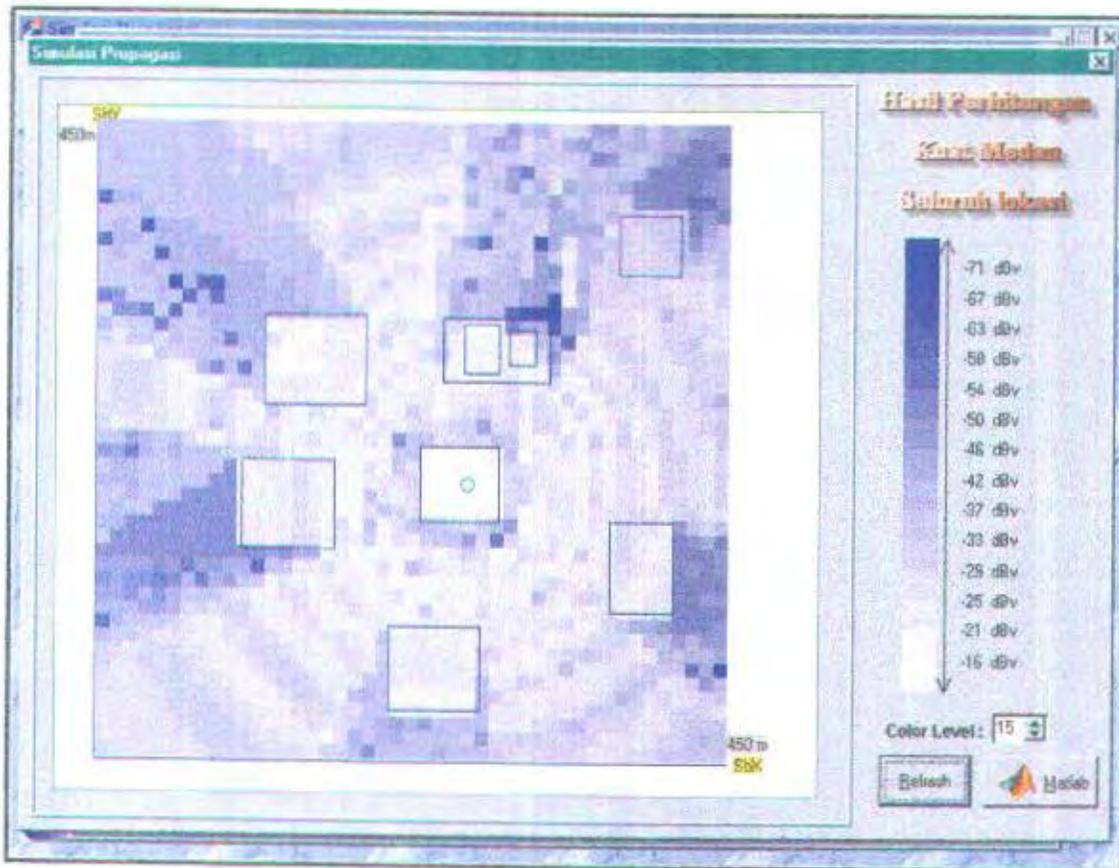
# PROFILE TERRAIN ARAH PANDANG 'BIRD VIEW'



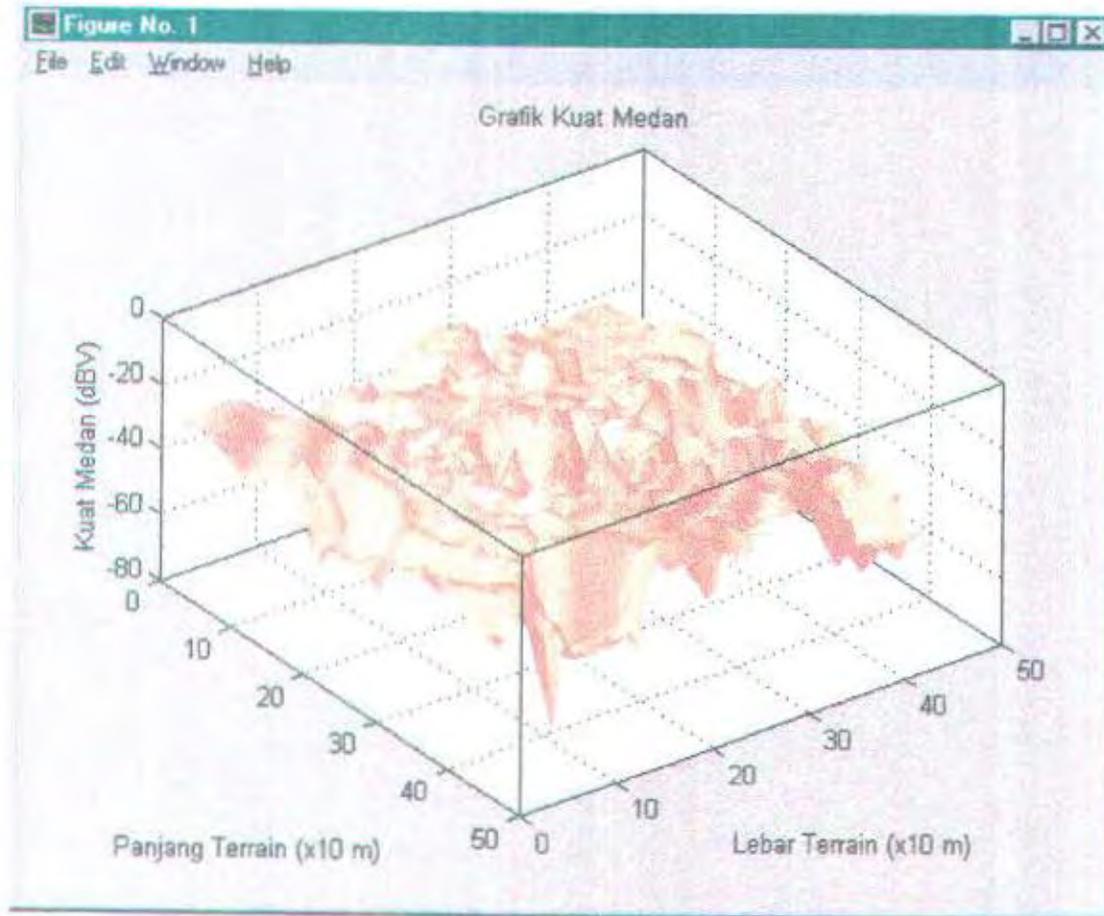
## PROFILE TERRAIN DALAM DUA DIMENSI



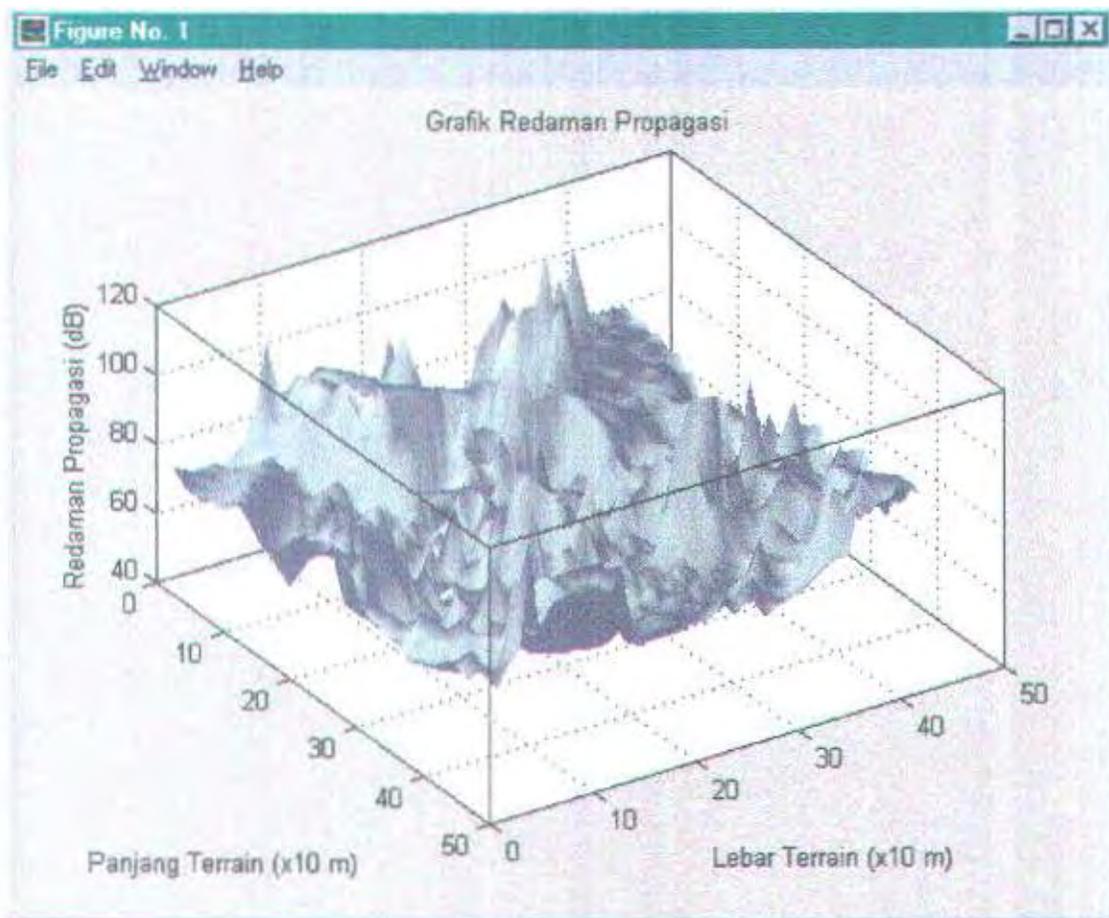
HASIL PERHITUNGAN KUAT MEDAN  
DALAM GRAFIK LEVEL WARNA



## HASIL PERHITUNGAN KUAT MEDAN DALAM GRAFIK TIGA DIMENSI



## HASIL PERHITUNGAN REDAMAN PROPAGASI DALAM GRAFIK TIGA DIMENSI



## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

---



Penulis dilahirkan di Pasuruan dengan nama Aviev Akhmad, Anak kedua dari keluarga Bp. Achmad dan ibu Mardjiah

### RIWAYAT PEDIDIKAN

1981 – 1987 : SDN Jogosari I Pandaan

1987 – 1990 : SMPN I Pandaan

1990 – 1993 : SMAN Pandaan

Sejak Tahun 1994 penulis diterima sebagai mahasiswa teknik elektro ITS Surabaya melalui jalur UMPTN dengan nrp. 2294 100 120, dan diharapkan lulus pada wisuda periode Agustus 1999.

### PENGALAMAN ORGANISASI

- Asisten Praktikum Dasar Sistem Komunikasi
- Asisten Praktikum Sistem Komunikasi I
- Asisten Praktikum Sistem Komunikasi II