

PERANCANGAN DAN SIMULASI ANTENA SPIRAL DIPOLE PADA APLIKASI GROUND PENETRATING RADAR (GPR) ULTRA WIDEBAND PADA FREKUENSI 600 MHZ

Haryanto Sachrawi Siahaan¹, Heroe Wijanto², Yuyu Wahyu³

¹Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Abstrak

GPR (Ground Penetrating Radar) merupakan device yang berguna untuk proses pendeteksian objek yang terkubur di bawah permukaan tanah hingga kedalaman tertentu, tanpa perlu dilakukan penggalian tanah. Pada Tugas Akhir ini penulis mensimulasikan sebuah antena spiral-dipole dengan pembebanan resistif untuk aplikasi impulse GPR. Pembebanan resistif bertujuan untuk menekan late-time ringing dan memperbesar bandwidth walaupun akan mengurangi efisiensi Amplitudo pulsa utama. Late-time ringing merupakan osilasi yang mengikuti pulsa yang dikirimkan. Osilasi ini dapat mengaburkan sinyal yang dipantulkan oleh objek sehingga menyulitkan untuk dilakukan proses deteksi.

Parameter antena GPR yang diinginkan adalah ultrawideband (UWB) dan level ringing kurang dari 10% untuk resolusi menengah. Pembebanan resistif yang digunakan mengikuti profil Wu-King. Sistem spiral pada antena dibuat berdasarkan karakteristik Spiral Archimedes. Perubahan nilai konstanta k pada rumusan spiral Archimedes akan membuat bentuk spiral pada antena memiliki kerapatan yang berbeda-beda. Dalam tugas akhir ini, nilai konstanta k yang digunakan antara lain 0.5;1;1.5. Parameter yang akan dibahas dalam simulasi ini adalah amplituda peak to peak pulsa utama maupun ringing yang dihasilkan dari masing-masing antena dengan nilai konstanta k yang digunakan.

Untuk keperluan analisis elektromagnetik dalam domain waktu digunakan metode FDTD (finite-difference time-domain) dengan software FDTD3D untuk menghitung gelombang yang ditransmisikan antena dalam domain waktu. Selanjutnya dilakukan realisasi dan pengukuran antena tersebut. Parameter yang dianalisa dalam pengukuran ini adalah bandwidth, return loss, dan impedansi input.

Dari hasil analisis simulasi dan pengukuran didapatkan satu hal penting dalam merancang bentuk spiral pada antena spiral-dipole, yaitu level ringing antena spiral-dipole dengan bentuk spiral yang semakin renggang adalah lebih kecil dibandingkan antena spiral--dipole dengan bentuk spiral yang rapat.

Kata Kunci : antena GPR, impulse GPR, pulsa, ultrawideband, antena spiral dipole, pembebanan resistif, FDTD, FDTD3D.

Telkom
University

Abstract

GPR (Ground Penetrating Radar) is a useful device for object detecting process buried under soil level up to a certain depth and therefore soil excavation is not necessary. In the Final Task, the author simulates a spiral-dipole antenna and resistive loading to apply GPR impulse. The resistive loading is designed to compress late-time ringing and amplifying bandwidth, even though efficiency of main pulse amplitude will be decreased. Late-time ringing is oscillation coming after transmission of pulse. An oscillation is able to blur signal which is reflected by an object, thereby making detecting process difficult.

Desirable parameter of GPR antenna is ultrawideband (UWB) and ringing level is less than 10% for middle resolution. The use of resistive loading is keeping abreast a Wu-King profile. Antenna spiral system is produced based on characteristics of Archimedes Spiral. Change of constant value k of Archimedes spiral formula will make the shape of spiral in different densities. In the final task, the use of constant value k is 0.5;1;1.5. Parameters that studied in a simulation are either main pulse peak to peak amplitude or ringing resulting from each antenna in constant value k .

For analysis of electromagnetic in time-domain, the FDTD (finite-difference time-domain) method and FDTD3D software is used to calculate transmission of antenna wave in time-domain. Furthermore, the realization and measurement of antenna is made. The parameters that analyzed at the measurement are bandwidth, return loss, and input impedance.

Based on the analyses of simulation and measurement, a significant point in design of spiral type was obtained in spiral-dipole antenna; that is, ringing level of spiral-dipole antenna in spiral type at increasingly distant space is smaller than spiral-dipole antenna in dense spiral type.

Keywords : GPR antenna, GPR impulse, pulse, ultrawideband, spiral-dipole antenna, resistive loading, FDTD, FDTD3D.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

GPR (*Ground Penetrating RADAR*) merupakan alat yang berguna untuk pendeteksian objek yang berada di bawah permukaan medium (biasanya tanah atau beton) dengan kedalaman tertentu tanpa perlu melakukan penggalian tanah. Dengan GPR maka informasi mengenai keadaan di bawah permukaan tanah dapat dilakukan dengan cepat dan mudah. Contoh penggunaan GPR yaitu untuk mendeteksi kabel bawah tanah, fondasi bangunan, ranjau dan banyak bidang lainnya.

Aplikasi GPR menggunakan pulsa sempit sebagai gelombang yang akan dipancarkan oleh antena pengirim. Pulsa sempit ini tentunya akan mempunyai lebar bidang frekuensi yang luas, karena besaran waktu dengan besaran frekuensi mempunyai hubungan yang berbanding terbalik atau dengan kata lain semakin sempit pulsa maka lebar bidang frekuensinya akan semakin besar. Hal inilah yang melatarbelakangi dibutuhkannya suatu antena yang dapat mempertahankan kestabilan pola radiasi untuk rentang frekuensi yang besar. Hal tersebut merupakan salah satu yang melatarbelakangi ide penggunaan antena *ultra wideband* pada aplikasi GPR.

Antena merupakan salah satu elemen terpenting dalam GPR. Kemampuan GPR dalam pendeteksian amat bergantung pada kemampuan antena yang digunakan. Hal ini disebabkan, antena adalah bagian yang meradiasikan pulsa sempit tersebut ke tanah dengan radiasi antena yang diharapkan memiliki tingkat *loss* dan *distorsi* yang kecil. Jika frekuensi rendah dalam GPR tidak diradiasikan secara maksimal, akan terdapat *refleksi internal* yang mengakibatkan *osilasi*. Selanjutnya *osilasi* ini akan mengakibatkan gejala *late time ringing* dan juga dapat mengaburkan sinyal pendeteksian yang mengakibatkan analisis benda menjadi sulit [2]. Pembebanan resistif dan penggunaan *absorber* digunakan untuk mengatasi refleksi internal tersebut [14]. Adapun, Antena *ultra wideband* yang biasa digunakan pada GPR adalah antena *dipole* setengah lamda. Antena *dipole* yang memiliki resistor yang dipasang tergulung di ujungnya disebut dengan antena *spiral dipole*.

Semakin tinggi frekuensi maka semakin tinggi juga pelemahan sinyal pada waktu perambatannya sehingga jarak jangkauan dari GPR juga akan semakin dangkal [3]. Tetapi di sisi lain resolusi frekuensi nya yang selanjutnya akan mempengaruhi dari kualitas pencitraan akan semakin baik. Sehingga ada *tradeoff* antara kedalaman penetrasi dengan kualitas dari pencitraan. Dengan pertimbangan tersebut, antena yang digunakan didesain untuk eksitasi pulsa *monocycle*

dengan durasi 1,6 ns (frekuensi pusat 600 MHz). Frekuensi tersebut cocok untuk aplikasi GPR resolusi menengah, yang digunakan untuk mendeteksi target yang kedalaman nya kurang dari 1 meter (contohnya ranjau, pipa, dan kabel).

Untuk menganalisa kinerja antenna, digunakan pemodelan numerik dengan metode *finite-difference time-domain* (FDTD) dengan menggunakan software FDTD3D. Pemilihan metode ini karena keunggulan yang dimilikinya, diantaranya : FDTD bekerja pada domain waktu dimana untuk rentang frekuensi yang lebar dapat diselesaikan hanya dengan sekali simulasi sehingga efektif jika digunakan pada sistem yang menggunakan pulsa *monocycle* sebagai sumber eksitasi. Kemudian FDTD memungkinkan pengguna untuk mendefinisikan sifat material pada semua titik di dalam domain simulasi, sehingga antenna yang di desain lebih nyata atau realistis [4].

1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah untuk merancang dan mensimulasikan antenna *spiral dipole* dioptimasi terhadap pulsa 1.6 ns untuk keperluan GPR dengan metode FDTD.

1.3 Batasan Masalah

Untuk mencapai tujuan dari penelitian ini, penulis membatasi permasalahan sebagai berikut:

- a) Perancangan dan simulasi antenna *spiral dipole* ini akan menggunakan analisis menggunakan metode FDTD, dengan software FDTD3D dan software pembantu berupa Microsoft Visual Studio (C++) v.6.0, AutoCAD, dan MATLAB R2008 untuk menampilkan hasil simulasi.
- b) Parameter umum medan jauh, seperti gain antenna dan pola radiasi, tidak menjadi perhatian dalam penelitian ini karena karakteristik dari sistem GPR yang bekerja hanya pada daerah medan dekat dan menengah saja.
- c) GPR yang disimulasikan pada penelitian ini adalah GPR impuls dan analisis dalam dilakukan dalam domain waktu sehingga yang menjadi fokus utama dalam penelitian ini adalah bentuk dan amplitudo pulsa yang ditransmisikan yang merupakan fungsi dari jarak serta impedansi input antenna untuk mengetahui karakteristik UWB antenna.
- d) Medium yang digunakan adalah medium udara.
- e) Pembuatan antenna spiral dipole sesuai dengan karakteristik *spiral Archimedes*.

Perancangan dan Simulasi Antenna *Spiral Dipole* pada Aplikasi GPR Ultra Wideband pada Frekuensi 600 MHz

1.4 Metodologi Penelitian

Pelaksanaan Tugas Akhir ini melalui beberapa tahapan hingga didapat hasil akhir yang diinginkan. Tahapan-tahapan tersebut adalah:

a) Studi Literatur

Hal ini berupa pemahaman akan teori dasar yang terkait dan pemahaman dasar akan prinsip-prinsip antena. Studi ini literatur ini dilakukan melalui pembelajaran dari buku-buku terkait, pencarian dari internet, dan diskusi dengan teman.

b) Proses Perancangan

Pada tahap ini, dilakukan proses perancangan geometri dan profil pembebanan antena yang akan dibuat.

c) Simulasi dan Optimasi

Pada tahap ini, dilakukan simulasi desain sistem yang telah dirancang dengan menggunakan metode FDTD agar dapat memenuhi spesifikasi yang diinginkan dan dioptimasi untuk mencapai hasil yang lebih baik.

d) Perealisasian Antena

Pada tahap ini dilakukan proses perealisasian antena, dimana proses perealisasian antena ini akan mendapatkan bentuk fisik (hardware) yang disesuaikan dengan karakteristik dan spesifikasi dalam simulasi.

e) Perhitungan Antena

Pada tahap ini dilakukan proses pengukuran antena yang telah disimulasikan dan direalisasikan dan membandingkan karakteristik antena hasil pengukuran dan hasil simulasi.

f) Pembuatan Laporan

Tahap akhir dari penelitian ini adalah pembuatan laporan Tugas Akhir dan Sidang Tugas Akhir.

1.5 Sistematika Penulisan Laporan

Secara umum sistematika penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I: Pendahuluan

Bab ini berisi Latar Belakang dilakukannya Tugas Akhir ini, Tujuan penelitian Tugas Akhir, Batasan Masalah, Metode Penelitian Tugas Akhir dan Sistematika Penulisan Laporan.

Perancangan dan Simulasi Antena *Spiral Dipole* pada Aplikasi GPR Ultra Wideband pada Frekuensi 600 MHz

BAB II: Dasar Teori

Bab ini berisi teori-teori yang digunakan sebagai referensi yang meliputi deskripsi awal GPR, antena untuk aplikasi GPR, konsep dasar antena UWB, dan *Late Time Ringing*, Pembebanan resistif, serta *Archimedean Spiral* pada antena GPR. Bab ini juga menjelaskan mengenai metoda yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini yaitu metode FDTD berupa gambaran umum FDTD.

BAB III: Perancangan dan Simulasi

Bab ini berisi semua hal yang berhubungan dengan tahap perancangan dan simulasi antena GPR dengan penggunaan FDTD3D sebagai software.

BAB IV: Pengukuran dan Analisis

Bab ini berisi proses pengukuran dan hasil pengukuran yang meliputi : sinyal transmisi, impedansi input, VSWR dan *Late time ringing* antena.

BAB V: Kesimpulan dan Saran

Bab ini menjelaskan mengenai kesimpulan dari proses penelitian Tugas Akhir ini dan saran-saran yang mungkin berguna untuk pengembangan selanjutnya.



Perancangan dan Simulasi Antena *Spiral Dipole* pada Aplikasi GPR Ultra Wideband pada Frekuensi 600 MHz

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan semua proses perancangan, simulasi, realisasi, dan pengukuran antenna GPR *spiral-dipole* dengan kerapatan gulungan spiral sesuai parameter k (*Archimedean Spiral*) yang dioptimasi terhadap pulsa 1.6 ns dapat disimpulkan bahwa:

- a) Antena *spiral-dipole* dapat memperkecil dimensi dengan penggunaan elemen resistor yang dipasang tergulung.
- b) Panjang antenna *optimum* yang dapat digunakan untuk menghasilkan radiasi maksimum bergantung pada substrat bahan dielektrik dan frekuensi center dari pulsa yang ditransmisikan.
- c) Bentuk gulungan *spiral* yang dapat menghasilkan *late time ringing* yang kecil pada antenna *spiral-dipole* adalah antenna dengan nilai k yang lebih besar atau lebih renggang (dalam penelitian ini diperoleh pada antenna dengan $k=1.5$).
- d) Semakin jauh jarak antara antenna dengan sensor mengakibatkan V_{pp} pulsa utama semakin kecil karena jarak yang ditempuh pulsa ke sensor semakin jauh.
- e) Semakin kecil nilai k (semakin rapat) antenna *spiral-dipole* maka semakin besar pula amplitudo *peak to peak* pulsa utama yang dihasilkan.
- f) Nilai VSWR dan Impedansi Input antenna berbanding lurus dengan besar nilai k , semakin besar nilai k maka nilai VSWR akan semakin besar (semakin buruk) dan nilai Impedansi Input antenna juga semakin besar.
- g) Hasil simulasi menggunakan *software* FDTD3D berbanding lurus dengan hasil pada perhitungan realisasi antenna, tetapi tidak menghasilkan hasil yang sama.

5.2 Saran

Adapun saran-saran yang dapat penulis sampaikan demi kemajuan penelitian kedepannya diantaranya:

- a) Penyesuaian antara parameter simulasi dan realisasi adalah hal yang mutlak diperlukan dalam perancangan antenna ini. Hal ini mencakup penggunaan substrat bahan, pemakaian nilai resistensi yang sesuai dengan simulasi, spasi antar resistor, dan celah untuk pengisian resistor.

- b) Teknik pembebanan resistif dalam sebuah antena masih dapat dikembangkan, dimana Wu-King *profile* adalah salah satunya.
- c) Diperlukan *software* yang lebih handal dari FDTD3D dalam pendefinisian geometri antena dan penggunaan komputer dengan spesifikasi yang tinggi untuk mempercepat simulasi antena.
- d) Pengembangan tingkat kerapatan *spiral* pada antena *spiral dipole* yang sesuai dengan metode *Spiral Archimedes* hingga memperoleh hasil *ringing* yang paling *optimum*.



DAFTAR PUSTAKA

- [1]. A.A. Lestari, *Antennas For Improved Ground Penetrating Radar: Modeling, Tools, Analisis And Design*, Ph.D.Dissertation, ISBN 90-76928-05-3, Delft University of Technology, The Netherlands, 2003.
- [2]. J.G.Maloney, G.S.Smith, "A study of transient radiation from the Wu-King resistif monopole-FDTD analisis and experimental measurements', *IEE Trans.Antennas Propagat.*, vol.41, no.5, pp.668-679, May 1993.
- [3]. D.J.Daniels, *Surface-Penetrating Radar*, The Institution of Electrical Engineers, London, United Kingdom.
- [4]. D.J.Daniels, *Ground Penetrating Radar 2nd edition*, The Institution of Electrical Engineers, London, United Kingdom.
- [5]. Retno Pudyastuti, *Perancangan dan Realisasi Anten Wire Dipole pada Ground Penetrating RADAR (GPR) Untuk Deteksi Objek Bawah Tanah*, Tugas Akhir, IT TELKOM, 2009
- [6]. TP.Montoya, G.S.Smith,"A study of pulse radiation from several broad-band loaded monopoles", *IEE Trans.Antennas Propagat.*, vol.44,no.8,pp.1172-1182,Aug.1996-a.
- [7]. Tetuko, Yosafat. *Analisa Hantaran Gelombang Listrik Magnet dengan Menggunakan Metode FDTD*. BPPT, 1988.
- [8]. Iskander, Magdy F., *Electromagnetic Fields and Waves*, Prentice Hall, 1992.
- [9]. A.A.Lestari, D.Yulian, A.B.Sukmono, E.Bharata, A.G.Yarovoy, and L.P.Ligthart, *Rolled Dipole Antenna for Low-resolution GPR, Progress In Electromagnetics Research Symposium 2007*, Beijing, China.
- [10]. A.A. Lestari, E. Bharata, A.B. Suksmono, *Extension of the Cooperative IRCTR-ITB Research Project on GPR Antennas*, April 2007.
- [11]. G. Mur, *User's Guide for FDTD3D; The C++ Finite-Difference Code for Electromagnetic Fields in Three Dimensions and Time*, IRCTR and Laboratory for Electromagnetic Research, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands, May 2000.
- [12]. Herry Sibarani, *Perancangan dan Simulasi Antena Rolled Dipole untuk Aplikasi GPR dengan Metode Footprint yang dapat Berubah Menggunakan Metode FDTD*, Tugas Akhir, IT TELKOM, 2010.

- [13]. Tulus Panuntun, *Perancangan dan Realisasi Antena Wire Bowtie untuk Aplikasi GPR Menggunakan Metode FDTD*, Tugas Akhir, IT TELKOM, 2010
- [14]. A.A. Lestari, A.G. Yarovoy, L. P. Ligthart, *Adaptive Antenna for Ground Penetrating Radar*, Delft University of Technology, The Netherlands.
- [15]. T.T.Wu, R.W.P.King, "The cylindrical antenna with non reflecting resistive loading", *IEE Trans.Antennas Propagat.*, vol.AP-13, no.5, pp.369-373, May 1965.
- [16]. Paul Strathern (2004). *Ide Besar : Archimedes & Titik Tumpu*. Jakarta: Erlangga

