

PERANCANGAN DAN REALISASI ANTENA WIRE BOWTIE UNTUK APLIKASI GROUND PENETRATING RADAR (GPR) MENGGUNAKAN METODE FDTD

Tulus Widhi Panuntun¹, Heroe Wijanto², Yuyu Wahyu³

¹Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Abstrak

Ground Penetrating Radar (GPR) adalah salah satu pengembangan aplikasi radar. Seperti radar pada umumnya, antena merupakan salah satu bagian paling penting pada GPR. Pada Tugas Akhir ini penulis mensimulasikan sebuah antena yang digunakan untuk transmisi pulsa dengan durasi 1.6 ns. Durasi pulsa ini termasuk dalam kategori frekuensi menengah yang banyak digunakan untuk deteksi kabel dan ranjau.

Parameter antena GPR yang diinginkan adalah ultrawideband (UWB) dan level ringing kurang dari 10% untuk resolusi menengah. Antena GPR yang diusulkan adalah antena wire bowtie dengan sudut flare sebesar 140°. Pemilihan antena wire bowtie didasari atas kemudahan dalam realisasi dan sifat antena wire bowtie yang mempunyai bandwidth yang cukup lebar. Pada antena wire bowtie terdapat 30 lengan dan menggunakan 15 buah pembebanan resistif di tiap lengannya. Pembebanan resistif bertujuan untuk memperkecil ringing dan memperbesar bandwidth walaupun akan mengurangi efisiensi Amplitudo pulsa utama. Pembebanan resistif yang digunakan mengikuti profil Wu-King. Parameter yang dibahas dalam simulasi ini adalah amplituda peak to peak pulsa utama maupun ringing yang dihasilkan.

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. Dalam simulasi didapatkan level ringing kurang dari 10%. Dalam pengukuran didapatkan fractional bandwidth 119%, return loss -19.484dB, VSWR 1.239 pada frekuensi 600 MHz, dan koefisien pantul 0.126.

Kata Kunci : GPR, antena wire bowtie, ultrawideband, ringing, resistif loading, FDTD

Abstract

Ground Penetrating Radar (GPR) is one of the application development of radar. Like other common radar system, Antenna is one of the important part in GPR. The writer simulates antenna which can be used for transmitting 1.6 ns pulse in this Final Project. The duration of this pulse is in a middle range frequency that can be used for underground wire and mine.

GPR antenna's parameter must ultrawideband (UWB) and have ringing level less than 10% for middle resolution. The proposed antenna is wire bowtie antenna with 140° flare angle. Wire bowtie antenna is chosen because of this nature is easy to realize and have enough wide bandwidth. This wire antenna have 30 arms and equipped with 15 resistive loading in each arms. Resistive loading is used to minimize ringing and to make bandwidth wider although will reduce the efficiency of pulse's amplitude. Resistive loads are based on Wu-King profile. Parameter which be analyzed in this Final Project are main pulse and ringing peak to peak amplitude. For electromagnetic analysis in time domain we use FDTD (finite-difference time-domain) method with FDTD3D software to measure transmitted waveform in time domain. Then realization and measurement of this antenna. In simulation level ringing less than 10%. In measurement fractional bandwidth is 119%, return loss -19.484 dB, VSWR 1.239 in frequency 600 MHz, reflected coefficient 0.126.

Keywords : GPR, wire bowtie antenna, ultrawideband, ringing, resistif loading, FDTD

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 dipancarkan oleh antena pengirim. Pulsa sempit ini dalam domain frekuensi akan mempunyai pita yang lebar. Untuk itu diperlukan suatu antena yang dapat mempertahankan kestabilan pola radiasi untuk pita frekuensi yang lebar. Hal tersebut merupakan hal yang melatarbelakangi penggunaan antena *ultra wideband* (UWB) pada aplikasi GPR.

Performansi GPR secara umum ditentukan oleh antenanya karena penggunaan impuls radar sangat ditentukan oleh kemampuan antena untuk meradiasikan impuls ke tanah dengan tingkat *loss* dan distorsi seminimal mungkin. Hal ini berarti antena GPR harus mampu meminimalkan *late-time ringing*. *Late-time ringing* merupakan osilasi yang mengikuti pulsa yang dikirimkan. Osilasi ini terjadi karena adanya refleksi internal antara *feedpoint* dengan ujung antena. Solusi yang biasa digunakan adalah dengan pembebanan resistif pada antena dan menempelkan antena langsung ke tanah. Pembebanan resistif mudah dilakukan pada antena yang terbuat dari strip.

Semakin tinggi frekuensi yang digunakan maka redaman ketika merambat juga semakin besar. Hal ini mengakibatkan jarak jangkauan dari sinyal semakin kecil seiring dengan meningkatnya frekuensi. Tetapi di sisi lain frekuensi yang semakin tinggi juga akan menghasilkan kualitas pencitraan yang semakin baik. Jadi ada *tradeoff* antara kedalaman penetrasi sinyal dengan kualitas pencitraan itu sendiri. Dengan pertimbangan tersebut, antena yang disimulasikan menggunakan pulsa *Monocycle Gaussian* dengan durasi 1,6 ns (frekuensi tengah 600 MHz). Frekuensi ini cocok untuk aplikasi GPR resolusi menengah, yaitu digunakan untuk mendeteksi target dengan kedalaman kurang dari 1 m (contohnya ranjau dan kabel).

∴ *Design And Realization Wire Bowtie For Ground Penetrating RADAR (GPR) Using FDTD Method*

Pulsa yang dipancarkan dari antena ke dalam suatu medium tentu akan dipantulkan dengan porsi tertentu apabila properti dielektrik dari antena dan medium tersebut berbeda. Pantulan ini menyebabkan gelombang yang ditransmisikan ke dalam medium menjadi semakin kecil. Hal ini tidak diinginkan karena jika amplituda dari sinyal yang berhasil memasuki medium yang dituju kecil maka sinyal pantulan dari objek di dalam medium tersebut tentu akan kecil juga. Jadi perlu adanya transisi dari antena dengan medium yang dituju agar dapat memaksimalkan sinyal yang berhasil ditransmisikan ke dalam medium yang akan dituju, tetapi hal ini saja tidaklah cukup. Selain sinyal yang berhasil ditransmisikan besar, diperlukan juga level *ringging* yang cukup rendah. Hal inilah yang melatarbelakangi penelitian antena GPR ini dengan resistif loading dan menempelkan antena langsung ke tanah.

Untuk menganalisa antena maka menggunakan pemodelan numerik dengan metode Finite-Difference Time-Domain (FDTD) dengan menggunakan software FDTD3D. Metode ini dipilih dengan pertimbangan bahwa untuk melihat pengaruh properti dielektrik yang digunakan maka kita perlu melihat amplituda sinyal dalam domain waktu. Selain itu pada simulasi ini digunakan pulsa Monocycle Gaussian yang memiliki rentang frekuensi relatif lebar, oleh karena itu sangat cocok digunakan metode FDTD karena dengan FDTD kita dapat melakukan satu kali simulasi saja untuk range frekuensi yang lebar.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam penyusunan tugas akhir ini akan membahas beberapa permasalahan antara lain,

1. Menentukan frekuensi yang digunakan oleh impuls yang dipancarkan yang sesuai untuk aplikasi GPR.
2. Menentukan dan menghasilkan rancangan geometri antena wire bowtie yang sesuai untuk aplikasi GPR.
3. Menganalisa parameter-parameter antena yang dihasilkan dalam perancangan antena menggunakan FDTD.
4. Menyusun antena yang tepat agar mengurangi late time ringing yang terjadi.
5. Menganalisa hasil pengukuran antena.

1.3 Tujuan

Tujuan penelitian tugas akhir ini adalah :

∴ *Design And Realization Wire Bowtie For Ground Penetrating RADAR (GPR) Using FDTD Method*

1. Memahami prinsip kerja dan perancangan antena wire bowtie yang tepat untuk aplikasi GPR.
2. Mengamati pengaruh perubahan jarak antara antena dan sensor terhadap sinyal yang dihasilkan.
3. Mengamati pengaruh pembebanan resistif terhadap sinyal yang dihasilkan.
4. Mengamati pengaruh jenis tanah yang dihasilkan terhadap sinyal yang dihasilkan.
5. Mengamati pengaruh pembebanan resistif hasil rancangan antena yang direalisasikan dengan melihat VSWR dan impedansi input yang dihasilkan.
6. Menghasilkan Antena yang memenuhi parameter-parameter untuk aplikasi GPR.

1.4 Batasan Masalah

Untuk menghindari meluasnya materi pembahasan Tugas Akhir ini, maka permasalahan pada tugas akhir ini dibatasi pada beberapa hal berikut:

1. Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis dengan menggunakan metode FDTD yang melakukan analisis dalam domain waktu. Dalam praktiknya digunakan software FDTD3D yang merupakan paket *three dimensional finite-difference time-domain* untuk menghitung medan elektromagnetik, yang ditulis dengan menggunakan bahasa C++ dan Matlab R2008A untuk melihat hasil simulasi.
2. Parameter medan jauh seperti gain, pola radiasi, dan polarisasi antena tidak menjadi perhatian dalam penelitian ini karena karakteristik dari sistem GPR yang bekerja hanya pada daerah medan dekat saja.
3. Pembuatan antena wire bowtie microstrip
4. Impuls berbentuk monocyclic Gaussian.
5. Tanah yang digunakan dalam simulasi adalah homogen

1.5 Metoda Penelitian

Pelaksanaan Tugas Akhir ini melalui beberapa tahapan hingga didapat hasil akhir yang diinginkan. Tahapan-tahapan tersebut antara lain sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Pada tahap ini, dilakukan pendalaman materi-materi yang terkait melalui literatur dan referensi yang tersedia di berbagai sumber.

∴ *Design And Realization Wire Bowtie For Ground Penetrating RADAR (GPR) Using FDTD Method*

2. Proses Perancangan
Pada tahap ini, dilakukan proses perancangan geometri, profil pembebanan antena yang akan dibuat.
3. Simulasi dan Optimasi
Pada tahap ini, dilakukan simulasi desain sistem yang telah dirancang dengan menggunakan software FDTD3D dan melihat hasilnya di MATLAB 2008A.
4. Proses Realisasi
Pada tahap ini, dilakukan proses realisasi antena yang telah dirancang agar didapat bentuk fisik realisasi dari antena GPR.
5. Pengukuran
Pada tahap ini, dilakukan proses pengukuran antena yang direalisasikan dan mencari parameter-parameter yang dibutuhkan.
6. Analisa
Pada tahap ini dilakukan analisa hasil pengukuran dari antena yang direalisasikan.

1.6 Sistematika Penulisan Laporan

Secara umum sistematika penulisan tugas akhir ini adalah berikut :

- BAB I: Pendahuluan
Bab ini menjelaskan mengenai Latar Belakang, Tujuan, Batasan Masalah, Metode Penelitian dan Sistematika Penulisan Laporan.
- BAB II: Dasar Teori.
Bab ini menjelaskan mengenai teori-teori yang digunakan sebagai referensi yang meliputi GPR, antena untuk aplikasi GPR, konsep, serta penjelasan metode FDTD yang digunakan dalam proses perancangan dan simulasi.
- BAB III: Perancangan dan Simulasi
Bab ini menjelaskan mengenai semua hal yang berkaitan dengan proses perancangan dan simulasi antena GPR dengan menggunakan FDTD3D sebagai software yang menerapkan metode FDTD dalam analisisnya.
- BAB IV: Pengukuran dan Analisis
Bab ini menampilkan hasil pengukuran dan analisa hasil simulasi tersebut.
- BAB V: Kesimpulan dan Saran
Bab ini menjelaskan mengenai kesimpulan dan Saran untuk pengembangan selanjutnya.

∴ *Design And Realization Wire Bowtie For Ground Penetrating RADAR (GPR) Using FDTD Method*

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan simulasi dan realisasi antenna wire bowtie dengan pembebanan resistif maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Dengan menggunakan analisis FDTD terbukti bahwa dengan pembebanan resistif profil Wu-King mengakibatkan penurunan level ringing sampai dengan 10.61% dan penurunan efisiensi pulsa utama sebesar 18.65%.
2. Dengan pembebanan resistif profil Wu-King, level ringing yang didapat kurang dari 10% untuk semua jarak sehingga memenuhi standar untuk GPR resolusi menengah.
3. Semakin jauh jarak antara antenna dengan sensor penerima maka Amplitudo peak-to-peak yang diterima semakin kecil.
4. Besar amplitudo medan listrik untuk tanah dry sand lebih besar daripada tanah wet sand.
5. Dengan pembebanan resistif profil Wu-King dalam realisasi dapat meningkatkan bandwidth sampai dengan 940 MHz, menurunkan return loss sampai dengan 6.842 dB, dan menurunkan koefisien pantul sampai dengan 0.126.
6. Antena yang terealisasi mempunyai spesifikasi level ringing 6.56%, frekuensi operasi 600 MHz, Fractional Bandwidth 119%, return loss -19.484 dB, VSWR 1.239 pada frekuensi 600 MHz, koefisien pantul 0.126 sehingga memenuhi spesifikasi untuk aplikasi GPR.

5.2 Saran

Adapun saran – saran yang sekiranya dapat membantu dalam pengembangan antenna wire dipole dengan resistif loading ini adalah

1. Dalam simulasi FDTD pergunakanlah sel Yee yang kecil sehingga pengaruh stairchasing dapat ditekan.
2. Gunakanlah profil pembebanan resistor selain profil wu-king agar dapat lebih menekan ringing dan mempertahankan efisiensi pulsa utama yang dihasilkan.
3. Rancanglah Antena wire bowtie dengan lebar pulsa yang berbeda agar dapat digunakan untuk resolusi yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Astutik, Sri. (2001). "Penggunaan Ground Penetrating Radar (GPR) Sebagai *Metal Detector*". *Jurnal Ilmu Dasar*. vol. 2, no. 1, hal. 9 – 16.
- [2]. Balanis, Constantine A. (1982). *Antenna Theory Analysis and Design*. New York: Harper & Row Publishers, Inc.
- [3]. Daniels, David J. (eds). (1996). *Ground Penetrating Radar*. (2nd ed.). London: The Institution of Electrical Engineer.
- [4]. A.A. Lestari, A.G. Yarovoy, L. P. Ligthart, *Adaptive Antenna for Ground Penetrating Radar*, Delft University of Technology, The Netherlands.
- [5]. D.J.Daniels, *Surface-Penetrating Radar*, The Institution of Electrical Engineers, London, United Kingdom.
- [6]. 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.
- [7]. A. A. Lestari, A. G. Yarovoy, and L. P. Ligthart, "Numerical and experimental analysis of circular-end wire bow-tie antennas over a lossy ground," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 52, no. 1, pp. 26–35, Jan.2004.
- [8]. A.A. Lestari, A.G. Yarovoy, L. P. Ligthart, *Adaptation Capabilities of a Wire Bow-Tie Antenna for GPR*, Delft University of Technology, The Netherlands.
- [9]. T.T.Wu, R.W.P.King,"The cylindrical antenna with non reflecting resistiv loading", *IEE Trans.Antennas Propagat.*, vol.AP-13, no.5, pp.369-373, May 1965.
- [10]. J.G.Maloney, G.S.Smith, "A study of transient radiation from the Wu-King resistif monopole-FDTD analisis and experimental measurements', *IEEE Trans.Antennas Propagat.*, vol.41, no.5, pp.668-679, May 1993.
- [11]. Iskander, Magdy F., *Electromagnetic Fields and Waves*, Prentice Hall, 1992.
- [12]. 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.
- [13]. 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.

- [14]. 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.
- [15]. A.A. Lestari, A.G. Yarovoy, L.P. Ligthart, "RC loaded bow-tie antenna for improved pulse radiation," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 52, no. 10, pp. 2555-2563, Oct. 2004.
- [16]. A.A. Lestari, E. Bharata, A.B. Suksmono, *Extension of the Cooperative IRCTR-ITB Research Project on GPR Antennas*, April 2007.
- [17]. L.P.Ligthart, *Intensive Course On GPR*, Delft University of Technology, The Netherlands.
- [18]. Deni Yulian, *Perancangan Dan Realisasi Sistem Antena GPR Yang Dioptimasi Terhadap Beberapa Durasi Pulsa dengan Menggunakan Metode FDTD*. Tugas Akhir, ITB 2006.
- [19]. A.A. Lestari, A.G. Yarovoy, L. P. Ligthart, *Capacitively Tapered Bow-Tie Antenna*, Delft University of Technology, The Netherlands.
- [20]. A.G.Yarovoy, P.J.Aubry, L.P.Ligthart, *GPR Antenna Measurements In Time Domain*, Delft University of Technology, The Netherlands.
- [21]. Kraus, John. *Antennas 2nd ed.*, McGraw-Hill, 1988.
- [22]. Wawan Saprudin, *Optimasi Geometri Metallic Shielding pada Antena Bowtie yang Dimodifikasi untuk Aplikasi GPR dengan Metode FDTD*, Tugas Akhir, ITB, 2004.
- [23]. Widjayanto, *Desain dan Realisasi Antenna Bow-Tie untuk Aplikasi GPR dengan menggunakan metode FDTD*, Tugas Akhir, ITB, 2004.
- [24]. Tetuko, Yosafat. *Analisa Hantaran Gelombang Listrik Magnet dengan Menggunakan metoda FDTD*. BPPT, 1988