

PERANCANGAN DAN REALISASI ANTENA WIRE DIPOLE PENGUKUR DIELEKTRIK TANAH DENGAN MENGGUNAKAN METODE FDTD 3D

Andik Setiawan¹, Heroe Wijanto², Yuyu Wahyu³

¹Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Abstrak

Dalam kebanyakan sistem ground penetrating radar (GPR), antena memainkan peran yang sangat penting (krusial). Salah satunya adalah GPR untuk mengukur tingkat dielektrik suatu jenis tanah (konduktivitas dan permetivitas). Secara umum untuk mengatasi masalah di atas adalah dengan menggunakan antena yang berbeda untuk tanah yang berbeda. Pendekatan pengadaptasian tersebut dapat dilakukan dengan pengaturan panjang antena..

Dengan pertimbangan tersebut, dalam penelitian tugas akhir ini mencoba untuk mengembangkan antena GPR pengukur dielektrik tanah yang optimum antara panjang antena, dan target tanah yang akan diukur tingkat dielektriknya, sehingga dapat diperoleh resolusi dan penetrasi yang optimum sesuai dengan yang diharapkan. Selain itu, diharapkan konfigurasi antena dengan panjang yang berbeda - beda membuka kemungkinan untuk adaptasi footprint antena.

Antena GPR yang diusulkan adalah antena wire dipole dengan panjang 15 cm, 30 cm dan 60 cm, yang masing - masing antena dioptimasi sesuai dengan tipe dielektrik tanah yang berbeda - beda. Jadi ada suatu hubungan antara panjang antena dengan tingkat dielektrik suatu jenis tanah. Untuk keperluan analisis elektromagnetik pada domain waktu penulis menggunakan metode FDTD dengan software FDTD 3D untuk mengamati bentuk impedansi input antena. Kemudian, dilakukan pengukuran koefisien S21 untuk mengamati bentuk gelombang yang ditransmisikan dan S11 untuk mengukur impedansi input antena pada titik-titik pengamatan yang sama dengan menggunakan network analyzer. Selanjutnya, hasil pengukuran ini, setelah dilakukan post-processing, dibandingkan dengan hasil simulasi FDTD3D. Dari hasil simulasi didapatkan bahwa antena GPR tersebut dapat dioptimasi sesuai dengan footprint dengan cara merubah - rubah panjang dari suatu antena.

Kata Kunci : antena GPR, antena wire dipole, durasi pulsa, footprint, FDTD

Telkom
University

Abstract

In most of Ground Penetrating Radar (GPR) system, antenna play important rule. One of them is GPR for measuring the level of ground dielectric (conductivity and permittivity). Commonly, for solving that problem we use different antenna for different ground type. That adaptation approach can be done by arranging antenna length. In that consideration, in this research we try to develop a ground dielectric measurer of GPR antenna with optimum antenna length and the ground., so can be found the optimum resolution and penetration according to expected result. Then, hoped the difference length of antenna configuration, conducive for adaptation footprint antenna. The proposed GPR antenna are wire dipole antenna with 15 cm length, 30 cm length and 60 cm length, where, each antenna optimized each other according to different type of ground dielectric. So there is a relation between length antenna with the level of ground dielectric. For electromagnetic analysis in time domain we use FDTD method with FDTD 3D software for perceiving input impedance of antenna. Then, we measured S21 coefficient to observe transmit waveform and S11 coefficient to measure input impedance at the same observation point using network analyzer. This measurement result, after postprocessing, was compared with FDTD3D simulation result. The simulation result showed that GPR antenna can be optimized according to footprint by altering the length of antenna.

Keywords : : GPR antenna, wire dipole antenna, pulse duration, footprint, FDTD.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

GPR merupakan sistem yang sangat berguna untuk proses pendeteksian benda-benda yang berada atau terkubur di dalam tanah dengan kedalaman tertentu tanpa harus menggali tanah. Dengan adanya *devices* ini, berbagai kegiatan atau penelitian yang memerlukan informasi keadaan di bawah permukaan tanah dapat dilakukan dengan mudah dan murah. Dalam kebanyakan sistem ground penetrating radar (GPR) antenna memainkan peran yang sangat penting (krusial) karena menentukan jangkauan kerja dari sistem GPR itu sendiri. Secara umum persyaratan antenna GPR dan antenna untuk aplikasi lain seperti telekomunikasi secara esensi berbeda, misalnya saja, antenna GPR bekerja pada medan dekat dan antenna untuk telekomunikasi bekerja pada medan jauh. Dalam tugas akhir ini penulis merancang dan merealisasikan antenna GPR wire dipole sebagai salah satu metode dari pengukuran tingkat suatu dielektrik tanah.

Performansi umum GPR yang menggunakan impuls radar untuk mendeteksi objek terkubur bergantung secara signifikan kepada kemampuan antenna untuk meradiasikan impuls ke tanah dengan tingkat *distorsi* dan *loss* yang minimal. Ini berarti bahwa impuls antenna GPR harus mampu meminimalkan *late time ringing* yang disebabkan oleh refleksi internal untuk menghindari efek masking terhadap objek yang dideteksi. *Resistif loading* dan *absorber* digunakan secara luas untuk mengatasi *internal reflection* tersebut sehingga didapatkan efisiensi radiasi yang diinginkan. Namun, karena antenna yang akan direalisasikan adalah wire dipole, maka penggunaan *lumped resistor* sangat sulit dilakukan. Untuk mengatasi hal ini digunakan metode pengukuran yang berbeda yaitu menempatkan antenna tepat dipermukaan tanah yang akan diteliti tingkat dielektriknya. Hal ini dilakukan agar *late time ringing* dari antenna dipole dapat dikurangi dengan adanya properti elektrik dari tanah yang akan diteliti.

Disisi lain, untuk memaksimalkan energi yang ditransmisikan dibawah permukaan tanah antena harus mempunyai kopling yang baik terhadap tanah sedangkan apabila antena dikopling terhadap tanah, performansinya secara kuat dipengaruhi oleh sifat-sifat elektrik tanah. Karena properti elektrik (konstanta dielektrik dan konduktivitas bermacam-macam jenis tanah) yang sangat bervariasi, hal ini membuat kesukaran dalam memelihara kondisi yang sesuai antara antena aliran pencatu untuk elevasi antena dan jenis tanah yang berbeda, akibatnya menghasilkan sistem tidak efisien kaitannya dengan rugi-rugi ketidaksesuaian (*mismatch losses*) yang akhirnya menyulitkan penempatan antena agar dapat meradiasikan energi yang maksimal ke dalam tanah untuk setiap jenis tanah yang berbeda. Sebagai contoh, antena yang dirancang agar memiliki radiasi yang maksimal pada pasir mungkin berkurang ketika dioperasikan pada tanah liat, dan sebaliknya.

Jadi apabila GPR bekerja dengan impuls yang berbeda memerlukan antena yang berbeda. Sebuah GPR menyelidiki untuk mencari sebuah objek dengan kedalaman yang tidak diketahui memerlukan pulsa dengan durasi yang berbeda-beda maka memerlukan sejumlah antena dengan panjang yang berbeda-beda. Jadi solusi umum untuk mengatasi masalah di atas adalah dengan menggunakan antena yang berbeda untuk tanah yang berbeda. Pendekatan pengadaptasian tersebut dapat dilakukan dengan pengaturan panjang antena. konfigurasi antena dengan panjang yang berbeda – beda membuka kemungkinan untuk adaptasi *footprint*. Footprint antena adalah pengumpulan nilai tertinggi dari bentuk gelombang yang dipancarkan oleh antena pada bidang horizontal didalam tanah atau permukaan tanah dibawah antena. Ukuran footprint antena menentukan resolusi cakupan melintang dari sistem GPR. Secara umum, unjuk kerja optimal GPR dimana footprint antenna harus dapat diperbandingkan dengan penampang melintang horizontal dari target. Apabila target-target mempunyai dimensi yang berbeda-beda maka harus menggunakan antena dengan footprint yang berbeda-beda. Hal ini telah ditunjukkan bahwa panjang antena menentukan ukuran footprint. Oleh karena itu konfigurasi tersebut memberikan

kemungkinan untuk adaptasi footprint dimana perbedaan footprint dapat dihasilkan dengan perubahan panjang antenanya. Jadi, antena akan bersifat adaptif mengikuti perbedaan ukuran target dan dapat mengganti antena apabila diperlukan.

Teknik inilah yang penulis terapkan untuk merancang dan merealisasikan antena GPR yang dapat dioptimasi dengan tiga macam panjang antena yang berbeda. Dengan bantuan analisis software FDTD 3D Finite Difference Time Domain 3D yang bekerja pada domain waktu, penulis merancang antena GPR wire dipole yang dioptimasi dengan panjang yang berbeda yaitu 15 cm, 30 cm, 60 cm yang masing-masing dioptimasi terhadap durasi pulsa yang berbeda - beda pula sehingga antena tersebut dapat dapat menghasilkan resolusi dan penetrasi yang berbeda-beda. Salah satu alasan pemilihan metoda FDTD 3D ini adalah mudah untuk menganalisa permasalahan yang didasarkan pada persamaan integral yang sulit dilakukan bila dipecahkan menggunakan Moment Of Method yang lain. Selain itu, untuk menggunakan metoda ini tidak memerlukan dasar – dasar pengetahuan yang mendalam. Yang mendukung berkembangnya metoda ini adalah maju pesatnya teknologi komputer.

1.2 Tujuan Dan Manfaat

Tujuan

- a. Menggunakan metode FDTD 3D sebagai analisa secara elektromagnet pada antena GPR wire Dipole terutama impedansi input dan VSWR.
- b. Membuat antena GPR wire dipole dengan panjang wire (15 cm, 30 cm, 60 cm) berdasarkan analisa FDTD 3D dan simulasi FDTD 3D.
- c. Menguji kinerja antena GPR wire dipole dengan panjang (15 cm, 30 cm, 60 cm) terhadap pengaruh permitivitas tanah, sehingga dapat diukur tingkat dielektrik(permetivitas dan konduktivitas) suatu jenis tanah.

Manfaat

- a. Metoda FDTD 3D diharapkan dapat memberikan kontribusi yang cukup nyata dalam analisa dan pembuatan antena antara teori dan praktek lapangan.
- b. Diharapkan penggunaan panjang antena yang berbeda – beda dapat diketahui hubungan antara panjang antena dengan jenis material yang akan diteliti berdasarkan tingkat dielektrik.
- c. Diharapkan penggunaan antena wire dipole memberikan efisiensi yang cukup baik dari segi harga maupun hasil ukur.
- d. Memiliki publikasi yang berkualitas tinggi dalam andilnya dalam jurnal dan paper internasional

1.3 Perumusan Masalah

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

- a. Penggunaan metode FDTD 3D dalam memecahkan permasalahan elektromagnetik, dalam hal ini adalah pada antena wire dipole.
- b. Perancangan Input File FDTD dengan menggunakan software Corel Draw 12 dan Developer studio5
- c. Melakukan simulasi pada software FDTD 3D dengan tingkat properti elektrik yang sesuai dengan kondisi pengukuran yang sebenarnya.
- d. Perancangan antena wire dipole 15 cm, 30 cm dan 60 cm berdasarkan kondisi analisa FDTD 3D.
- e. Melakukan pengolahan data dari hasil output software FDTD 3D pada Matlab 5.3.
- f. Melakukan pengolahan data dari hasil output software FDTD 3D pada Matlab 7, dalam hal ini merubah dari domain waktu ke domain frekuensi, seperti impedansi, SWR.
- g. Menganalisa hasil simulasi dari output Matlab 5.3 dan output Matlab7.
- h. Pembuatan antena wire dipole 15 cm, 30 cm dan 60 cm berdasarkan hasil analisa.

- i. Pengukuran secara langsung antena wire dipole dengan properti tanah yang telah disimulasikan dengan software FDTD 3D dengan menggunakan Network Analyser.
- j. Mengolah hasil pengukuran Network Analyser dengan menggunakan software LIFUTIL untuk diconvert dari *dot lif ke Dos* sehingga dapat di proses pada matlab 7.0.1
- k. Membandingkan antara pengukuran secara langsung dan hasil simulasi menggunakan FDTD 3D dengan kurva perbandingan ratio frekuensi operasi dan impedansi input terhadap permetivitas dan konduktivitas.

1.4 Batasan Masalah

- a. 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 time-domain finite-difference* untuk menghitung medan elektromagnetik, yang ditulis dengan menggunakan bahasa C++.
- b. Pengolahan data menggunakan software Matlab 5.3 dan Matlab 7.
- c. Pengcompile FDTD 3D menggunakan software Developer Studio 5.
- d. Analisis dan pengukuran dalam penelitian tugas akhir ini dilakukan dalam domain waktu dirubah menjadi domain frekuensi sehingga yang menjadi fokus utama dalam penelitian ini adalah bentuk dan amplitudo gelombang yang ditransmisikan yang merupakan fungsi dari jarak serta impedansi input antena.
- e. Asumsi tanah homogen (satu jenis saja)
- f. Pembuatan antena wire dipole
- g. Diameter wire 2 mm dan terbuat dari tembaga.
- h. Pencatuan feedline 100 ohm.
- i. Alat pengukuran menggunakan Network Analyser.
- j. Post prosesing dari NA menggunakan software LIFUTIL dengan operating system windows 95 dan proses berikutnya menggunakan software matlab 7.0.1

1.5 Metoda Penelitian

1. Studi Literatur

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

2. Proses Perancangan

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

3. 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.

4. Proses Realisasi

Pada tahap ini, dilakukan proses realisasi antena yang telah dirancang agar didapat bentuk fisik realisasi dari antena GPR sesuai dengan karakteristik dan spesifikasi yang diinginkan.

5. Pengukuran

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

6. Pembuatan Laporan

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

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan merupakan gambaran singkat secara sistematis tiap – tiap bab mengenai isi Laporan Tugas Akhir ini secara keseluruhan. Penyusunan laporan ini dibagi menjadi lima bab dengan sistematika sebagai berikut :

BAB I: Pendahuluan

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

BAB II: Dasar Teori

Bab ini menjelaskan mengenai teori-teori yang digunakan sebagai referensi yang meliputi Teori antena untuk aplikasi GPR, konsep dasar antena dipole, serta metode FDTD 3D yang digunakan dalam perancangan dan simulasi antena GPR yang diusulkan..

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 menjelaskan mengenai proses dan hasil pengukuran serta analisis medan listrik antena pada arah broadside dan pengukuran impedansi input antena.

BAB V: Simpulan dan Saran

Bab ini menjelaskan mengenai simpulan dari proses penelitian Tugas Akhir ini dan saran-saran yang mungkin berguna untuk pengembangan lebih lanjut di kemudian hari.

ST
Telkom
University

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Setelah melakukan semua proses perancangan, simulasi, realisasi dan pengukuran antenna wire dipole dengan panjang 15 cm, 30cm, dan 60 cm, maka dapat disimpulkan bahwa :

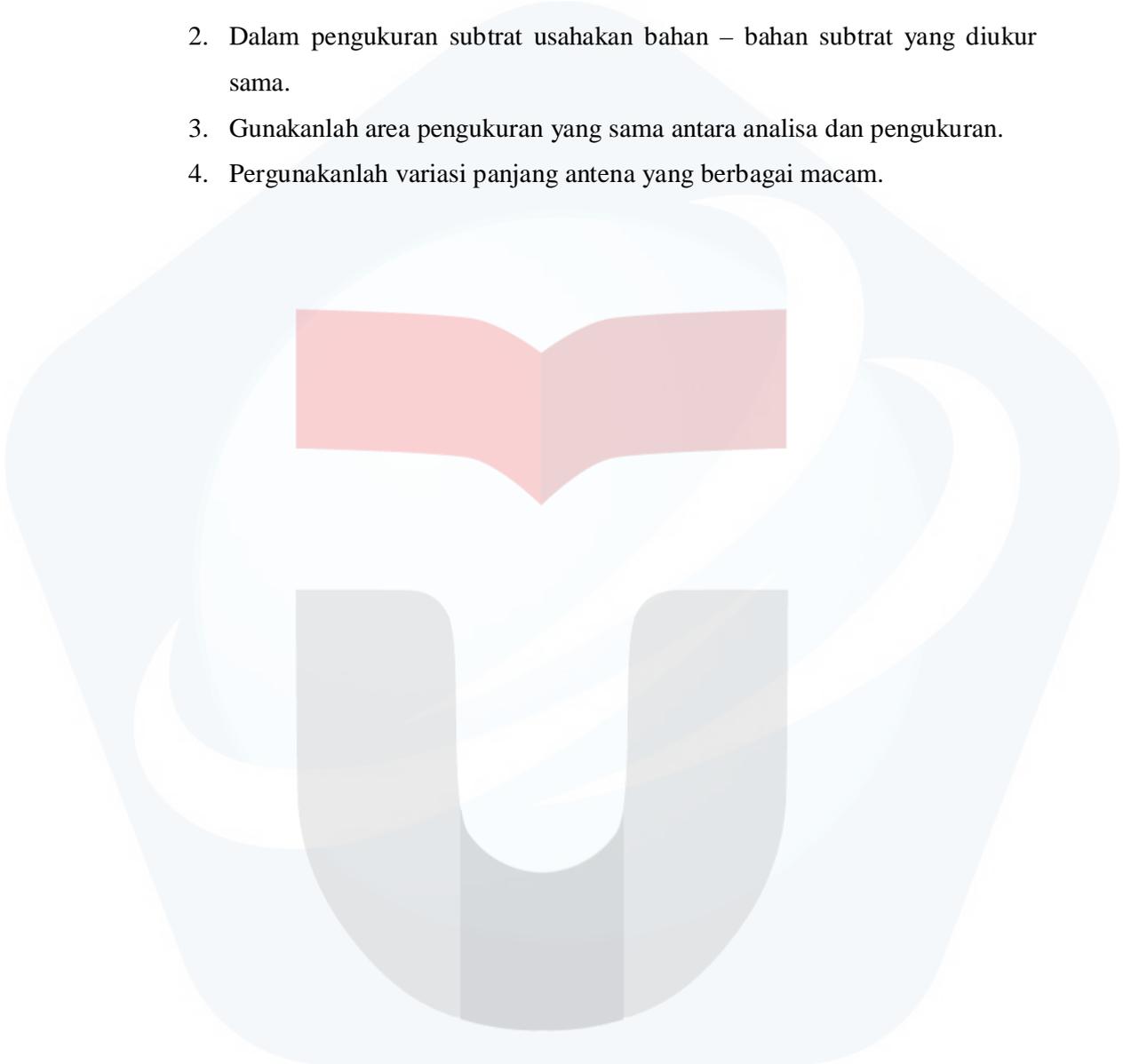
1. Dengan menggunakan analisa FDTD 3D terbukti bahwa dengan penempatan antenna pada media lossy dielektrik dapat mengurangi efek ringging.
2. Subtrat dengan komposisi molekul yang padat dan kompak memiliki penetrasi gelombang yang dangkal daripada molekul yang renggang.
3. Antena dengan panjang 60 cm meliki tingkat penetrasi yang lebih dangkal daripada antenna dengan panjang 15 cm dan 30 cm.
4. Dalam pengukuran tingkat permitivitas relatif simulasi untuk dry sand adalah 3.42, pada tabel permitivitas 4 dan pengukuran yang sesungguhnya 4,2. Dan untuk dry concret adalah 14.26, pada tabel permitivitas 15 dan pengukuran yang sesungguhnya 4,2.
5. Dalam pengukuran tingkat konduktivitas simulasi untuk dry sand adalah 0.007, pada tabel permitivitas 0.005 dan pengukuran yang sesungguhnya 0.0085. Dan untuk dry concret adalah 0.030, pada tabel konduktivitas 0.034 dan pengukuran yang sesungguhnya 0.0385
6. Command Mat3D dalam FDTD 3D sangat dianjurkan untuk digunakan karena command ini dapat mengetahui secara geometri kebenaran dan kesalahan dalam menentukan geometri antenna

5.2 SARAN

Adapun saran – saran yang sekiranya dapat membantu dalam pengembangan antenna wire dipole pengukur dielektrik tnah ini adalah

1. Dalam simulasi FDTD pergunakanlah sel Yee yang kecil sehingga pengaruh stairchasing dapat ditekan.

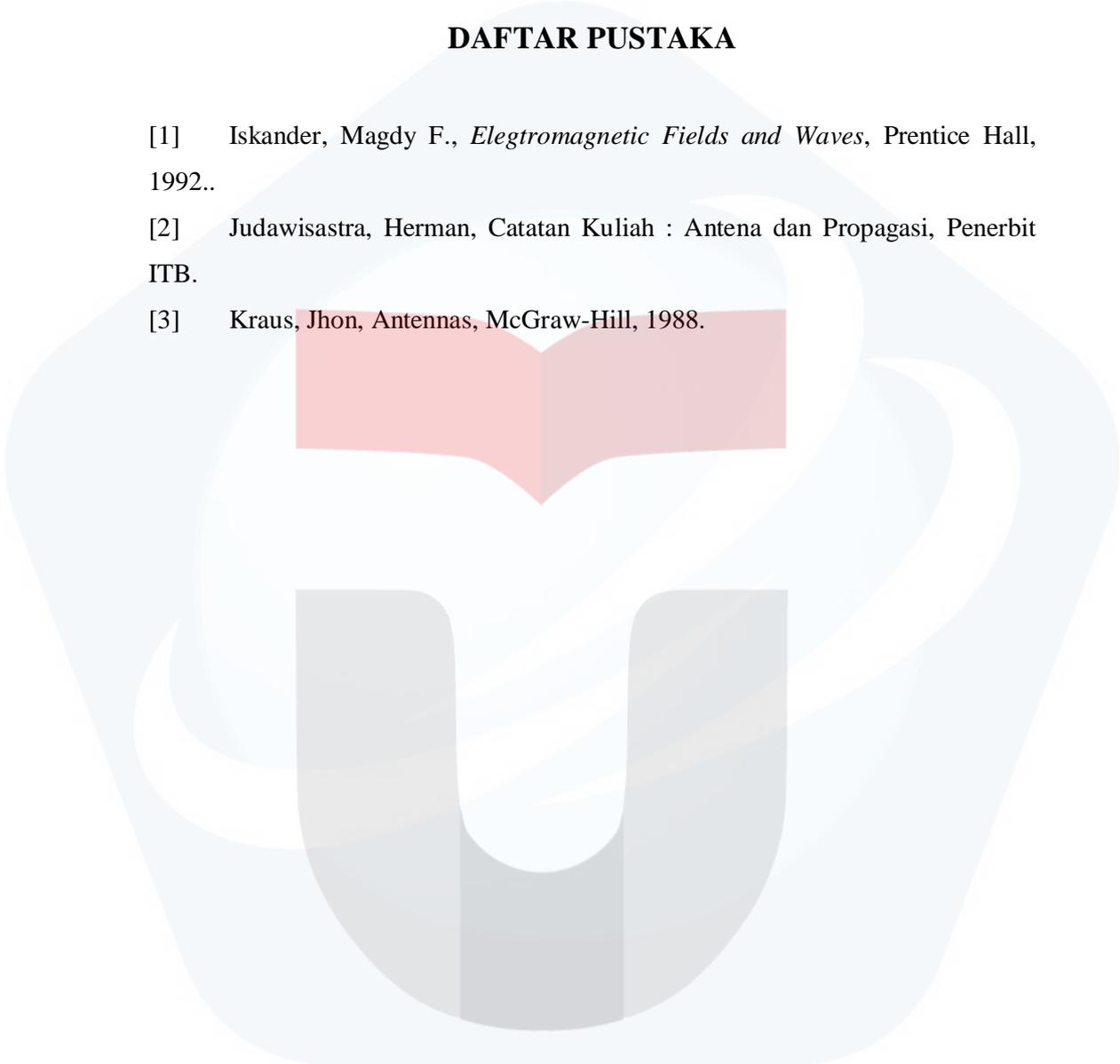
2. Dalam pengukuran subtrat usahakan bahan – bahan subtrat yang diukur sama.
3. Gunakanlah area pengukuran yang sama antara analisa dan pengukuran.
4. Pergunakanlah variasi panjang antena yang berbagai macam.



ST Telkom
University

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Iskander, Magdy F., *Elegtromagnetic Fields and Waves*, Prentice Hall, 1992..
- [2] Judawisastra, Herman, *Catatan Kuliah : Antena dan Propagasi*, Penerbit ITB.
- [3] Kraus, Jhon, *Antennas*, McGraw-Hill, 1988.



ST Telkom
University