

ANTENA V-SHAPED DENGAN PEMBEBANAN RESISTIF UNTUK APLIKASI GROUND PENETRATING RADAR (GPR)

V-SHAPED ANTENNA WITH RESISTIVE LOAD FOR GROUND PENETRATING RADAR APPLICATION

FadhillahRyanSatria¹, AloysiusAdyaPramudita², TrasmaYunita³

Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹fryansatria@student.telkomuniversity.ac.id, ²pramuditaadya@telkomuniversity.ac.id,

³trasmayunita@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Ground Penetrating Radar (GPR) merupakan sebuah sistem pengindraan objek pada bawah tanah yang bersifat *un-destructive*. Penelitian Tugas Akhir ini akan mendesain Antena *Dipole Microstrip V-Shaped* dengan pembebanan resistif untuk memenuhi karakteristik *Ultra Wideband (UWB)* sebagai syarat spesifikasi GPR dan mengatasi *offset* dari karakteristik antena *beverage* yang terdapat dalam antena *dipole*. Antena yang dibuat, di desain untuk frekuensi 0,1 GHz sampai 1 GHz. Penelitian kali ini menggunakan perangkat lunak untuk mensimulasikan rancangan. Antena yang difabrikasi akan dicetak diatas substrat FR-4. Hasil fabrikasi mendapatkan antena memiliki karakteristik UWB dan *footprint* yang tidak mengalami *offset*. Hasil tersebut menyatakan antena *Dipole Microstrip V-Shaped* dapat diterapkan untuk aplikasi GPR.

Kata kunci : *offset, footprint, GPR, Ultra-wideband, UWB*

Abstract

Ground Penetrating Radar (GPR) is an object sensing system on the ground that causes *un-destructive*. This Final Project will design a *V-Shaped Dipole Microstrip Antenna* with resistive load to has the characteristics of the *Ultra Wideband (UWB)* as a requirement of the GPR specification and overcome the *offset* of the characteristics of the *beverage antenna* contained in the *dipole antenna*. The antenna designed for frequencies from 0.1 GHz to 1 GHz. This research uses software to simulate design. The fabricated antenna will be printed on FR-4 substrate. The fabrication results get the antenna has the characteristics of UWB and *footprint* that does not experience *offset*. These results state the *V-Shaped Dipole Microstrip antenna* can be applied to GPR applications.

Keywords: *offset, footprint, GPR, ultra-wideband, UWB*

1. Pendahuluan

Antena merupakan salah satu komponen yang fundamental dalam GPR itu sendiri, kemampuan dari GPR sangatlah bergantung pada antena. Pada penerapannya, antena digunakan untuk memancarkan Gelombang Elektromagnetika (EM) serta menerima pantulan Gelombang EM dari objek yang di obeservasi. Selain itu diperlukan suatu antena yang memancarkan gelombang pulsa sempit yang akan memiliki lebar bidang frekuensi yang luas. Antena yang digunakan harus dapat mempertahankan kestabilan pola radiasi dalam rentang frekuensi yang besar [1]. Beberapa hal tersebut melatarbelakangi penggunaan antena *Ultrawide-band (UWB)* pada penerapan GPR. Salah satu dari syarat antena dapat digolongkan UWB yaitu memiliki lebar *bandwidth* lebih besar 20% dari frekuensi tengahnya [2].

Pada kenyataan di lapangan, sering terjadi kesalah dalam pendeteksian posisi benda dimana GPR akan mendeteksi suatu benda yang posisinya bukan terletak tepat di bawahnya. Salah satu hal yang perlu diperhatikan atas masalah tersebut adalah *footprint* antena. *Footprint* bisa dikatakan sebagai luasan daerah yang dipapar oleh gelombang EM [3]. *Footprint* dapat dihitung berdasarkan *peak* dari pulsa yang diukur pada setiap titik observasi di bawah tanah atau pada permukaan tanah [4]. Selain itu, banyak kesalahan pendeteksian dari posisi objek yang di targetkan atau biasa disebut *offset*. *Offset* merupakan kurang akuratnya pendeteksian posisi benda akibat antena yang digunakan memiliki karakteristik mirip dengan antena *Beverage*, dimana *beam* utama memiliki arah elevasi tertentu terhadap *ground plane* [4].

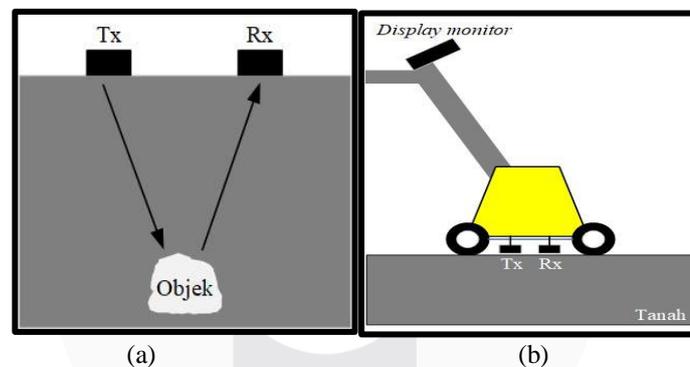
Pada Tugas Akhir ini membahas tentang permasalahan dari sistem pemancar GPR, yaitu antenna. Selain memperhatikan karakteristik antenna GPR, seperti *bandwidth*, juga memperhatikan mengenai *footprint* yang dihasilkan sehingga tidak menimbulkan *offset*. Pada penelitian [4] sudah membahas secara jelas mengenai *footprint* antenna dipole U, namun belum mengatasi masalah *offset* yang timbul dari antenna dipole U yang memiliki karakteristik mirip antenna *beverage* dimana memiliki *beam* utama yang memiliki arah elevasi tertentu terhadap *ground plane*. Pada Tugas Akhir kali ini akan dikaji pengaruh struktur Antena V terhadap arah perubahan *footprint*

2. Dasar Teori

2.1 Ground Penetrating Radar (GPR)

Ground Penetrating Radar (GPR) merupakan suatu sistem untuk mengobservasi suatu objek atau benda di dalam permukaan suatu medium menggunakan pancaran gelombang elektromagnetika. Medium yang dimaksud bisa berupa tanah, beton, aspal, kayu ataupun pasir [1]. Dari segi efisiensi, GPR dapat dikatakan sebagai alat yang membantu meningkatkan efisiensi pada pekerjaan yang membutuhkan pendeteksian objek bawah tanah. Selain bermanfaat dalam bidang *defense* seperti mendeteksi ranjau, GPR juga bermanfaat dalam bidang *civil engineering* yaitu pendeteksian kerusakan aspal, kabel *fiber optic* dan lainnya.

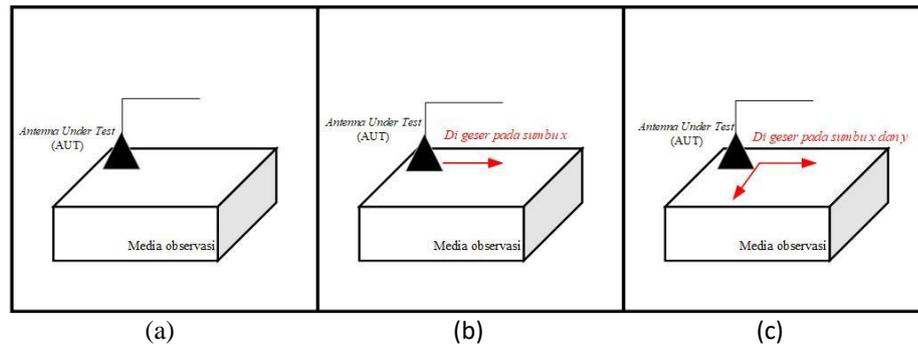
GPR memiliki prinsip kerja dengan memancarkan gelombang elektromagnetik ke bawah permukaan tanah dan akan mendeteksi objek dari hasil menerima sinyal *echo* yang dipantulkan oleh objek. Hasil dari sinyal pantulan tersebutlah yang nantinya akan diolah untuk mengetahui posisi serta kedalaman dari objek yang diobservasi [1]. Pada penerapannya, sistem GPR diintegrasikan dengan suatu sistem yang memiliki mobilitas tinggi dengan cara pemberian roda menyerupai gerobak. Umumnya antenna GPR diletakan dibawah dengan posisi yang hampir menyentuh permukaan tanah.



Gambar 2.1 (a) Prinsip kerja GPR [1]. (b) Ilustrasi penerapan GPR.

GPR memiliki tiga metode pencitraan deteksi objek, yaitu *A-Scan*, *B-Scan* dan *C-Scan*. *A-Scan* merupakan metode mendeteksi hanya pada satu titik observasi. Pendeteksian *A-Scan* hanya meletakkan sistem GPR di satu titik saja dengan tujuan sinyal yang terpancar terfokus memancar kedalam media observasi. Sementara *B-Scan* merupakan pendeteksian objek yang dilakukan pada satu dimensi, dimana sistem GPR akan digeser linear pada sumbu x atau y dengan jarak tertentu untuk mendapatkan gambar satu dimensi dari target objek yang memiliki luasan tertentu. *C-Scan* merupakan metode pencitraan yang dilakukan pada dua dimensi, hasil dari *C-Scan* pun akan merepresentasikan citra dalam bentuk dua dimensi. Metode *C-Scan* dilakukan dengan cara menggeser sistem GPR terhadap sudut x dan y dengan jarak tertentu pada tiap pergeseran [1].

Sistem GPR secara konsep cukup sederhana, dimana tujuan utamanya adalah mengukur amplitudo dari titik observasi. Pada Gambar 2.3 merupakan diagram blok sistem GPR yang bekerja terhadap bidang waktu. Sebagian besar GPR bekerja dalam domain waktu, karna metode ini adalah yang paling umum dan mudah untuk dipahami [1].



Gambar 2. Ilustrasi metode scanning GPR : (a) A-Scan. (b) B-Scan. (c) C-Scan

2.2 Ultrawide-band (UWB)

Menurut *Federal Communications Commission* (FCC) sebuah lembaga independen dalam pemerintahan Amerika Serikat yang mengatur regulasi tentang telekomunikasi, suatu perangkat telekomunikasi yang tergolong dalam UWB harus memiliki *fractional bandwidth* 20% lebih besar dari frekuensi tengahnya atau dapat didefinisikan [5]

$$\text{Fractional Bandwidth} = \frac{2(FH-FL)}{(FH+FL)} \geq 0.2 \quad (1)$$

Dengan pendefinisian FH sebagai frekuensi tertinggi dan FL sebagai frekuensi terendah. Sebuah *transmitter* harus memiliki *fractional bandwidth* lebih dari sama dengan 20% [6]. Untuk menentukan frekuensi tengah dan *range* frekuensi dapat menggunakan persamaan [6]

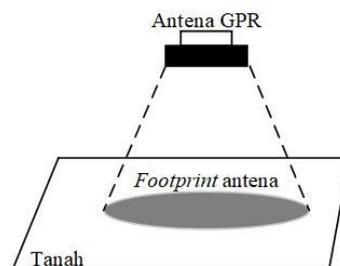
$$fc = \frac{(FH-FL)}{2} \quad (2)$$

$$\Delta f = FH - FL \quad (3)$$

Dimana fc merupakan frekuensi tengah dan Δf merupakan *range* frekuensi yang digunakan.

2.3 Footprint pada Antena

Salah satu parameter yang harus diperhatikan dalam sistem antena GPR adalah *footprint*. Ukuran serta posisi *footprint* sangat mempengaruhi hasil kualitas pendeteksian objek. *Footprint* antena adalah suatu daerah atau luasan bidang pada permukaan tanah ataupun di bawah permukaan tanah yang menunjukkan area efektif yang terpapar oleh medan elektromagnetik dari pancaran antena dengan area -3 dB sebagai area efektif [4]. *Footprint* dapat dihitung sebagai distribusi dari nilai puncak ke puncak (*peak to peak*) dari suatu gelombang yang ditransmisikan pada bidang horizontal di bawah atau atas permukaan tanah, yang menunjukkan suatu daerah atau bidang yang di *scan* oleh sistem GPR [4]. *Footprint* dapat dihitung dengan melakukan simulasi numerik pada *software* dan visualisasi *footprint* dapat menggunakan fitur kurva *contour* pada perangkat lunak. *Footprint* sangat erat kaitannya dengan *clutter* dan resolusi, sebagaimana kaitan antara impedansi input dan *matching impedance* [3]. *Clutter* sendiri merupakan pantulan gelombang *echo* yang bukan berasal dari target dan akan menyulitkan proses pendeteksian [5]. Ketidakakuratan pendeteksian posisi objek pada GPR dapat dipengaruhi oleh *offset* yang terjadi pada *footprint*. *Offset* sendiri terjadi ketika *footprint* -3 dB menjauhi titik tengah observasi.



Gambar 3. Ilustrasi footprint antena.

2.4 Pembebanan Resistif

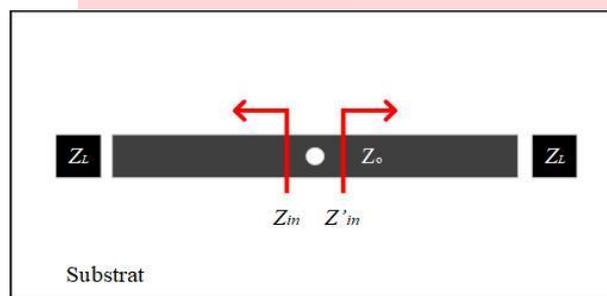
Late-time ringing yang merupakan salah satu faktor penentu kualitas pendeteksian, umumnya hal ini disebabkan oleh *multiple reflection* antara ujung antenna dan *feed point*. Salah satu metode yang sering digunakan untuk mengurangi *late-time ringing* adalah dengan pembebanan resistif atau *resistive load*. pembebanan resistif merupakan suatu metode yang dapat memperbesar *bandwidth* dari antenna sehingga dapat menekan nilai VSWR [3]. Pada metode pembebanan resistif pada antenna *V-shaped* memiliki konsep pembebanan seperti antenna *Dipole*, dimana beban diujung lengan antenna di simbolkan sebagai Z_L , impedansi input di Z_{in} , dan L disimbolkan sebagai Panjang dari antenna *Dipole*, sehingga dapat ditulis persamaan [6]:

$$Z_{in} = Z_0 \frac{Z_L + jZ_0 \tan \beta L}{Z_0 + jZ_L \tan \beta L} \tag{11}$$

Dengan nilai β adalah [6]:

$$\beta = \omega \sqrt{\ell c} \tag{12}$$

Agar terpenuhi *matching impedance* maka Z_{antena} diasumsikan = 50Ω dan Z_{antena} merupakan hubungan paralel antara Z_{in} dengan Z'_{in} ($Z_{in} // Z'_{in}$) sehingga dari persamaan 2.19 akan didapatkan nilai Z_L dikedua lengan antenna.



Gambar 4. Pembebanan resistif pada antenna *dipole*

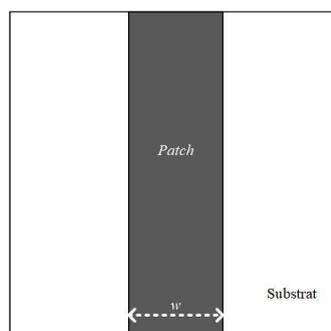
2.5 Microstrip Line

Microstrip line adalah salah satu teknik pencatutan untuk mentransmisikan medan elektromagnetik ke antenna *microstrip*. Dimana pada teknik ini model saluran transmisi, patch merupakan representative dari saluran transmisi itu sendiri yang lebarnya menentukan impedansi serta konstanta dielektrik yang efektif [6]. Pada penelitian ini, untuk memenuhi *matching impedance* antara *port* yang nilainya 50Ω dan nilai impedansi dari kedua lengan beban yang dihitung menggunakan persamaan 13 dengan hasil 100Ω , maka lebar *patch* dapat diketahui dengan [8]:

$$w = \frac{2h}{\pi} \left[B - 1 \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right] \right] \tag{13}$$

Dimana nilai B diketahui dari persamaan :

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \tag{14}$$

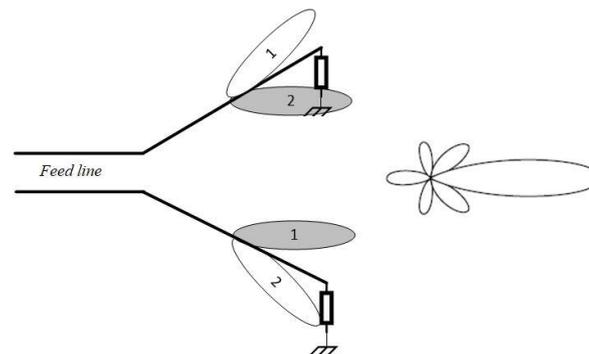


Gambar 4. Pencatutan *microstrip line*

2.6 Antena V-Shaped

Antena *microstrip dipole* dengan pembebanan resistif memiliki karakteristik UWB yang berpotensi untuk diterapkan pada sistem GPR, namun memiliki *beam* ganda yang akan meningkatkan *clutter*. Pada penelitian [5] dikaji modifikasi menjadi *microstrip dipole* bentuk U untuk merubah orientasi *beam* sehingga *beam* menjadi tunggal, namun masih menimbulkan *offset* akibat karakteristik antena *beverage* yang dimiliki antena *dipole microstrip*. Terjadinya *offset* akan berakibat kepada penurunan keakuratan pendeteksian objek.

V-Shaped adalah antenna susunan dua buah saluran transmisi yang masing – masing di salah satu ujungnya terhubung ke *port*. Antena *V-shaped* merupakan salah satu pengembangan dari antena *dipole* yang memiliki karakteristik antena *beverage* untuk meluruskan arah *beam* utama dengan prinsip kerja memanfaatkan resultan gelombang elektromagnetik yang dipancarkan dari kedua lengan, sehingga menjadikannya *beam* tunggal yang lurus. Sudut lengan pada antena *V-Shaped* perlu diperhatikan, makin besar sudut kedua lengan maka akan memisahkan *beam* utama menjadi dua [7].



Gambar 5. Ilustrasi arah *main beam* antena *V-Shaped* dengan pembebanan resistif [7].

Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa *beam* yang memiliki arah radiasi dengan sudut tertentu dapat direkayasa dengan menambahkan sudut. Arah radiasi dari dua *beam* akan mengarah ketengah dan menguatkan pancaran pada titik tengah observasi.

3. Perancangan

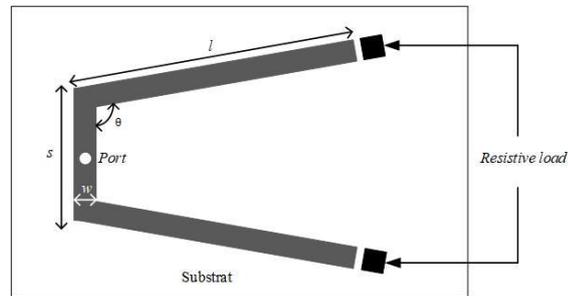
3.1 Spesifikasi Antena

Tabel 1 Spesifikasi antena

Parameter	Nilai/Deskripsi
Frekuensi kerja	0,1 - 1 GHz
<i>Bandwidth</i>	<i>Ultra-Wideband</i>
VSWR	≤ 2
Bahan Antena	Substrat : FR-4 Epoxy ($h = 1,6\text{mm}$ dan $\epsilon_r = 4,6$)
	Konduktor : Tembaga ($t = 0,035$)

3.2 Perancangan Antena

Penentuan ukuran antena *V-Shaped* disesuaikan terhadap kebutuhan *footprint* antena yang diinginkan. Semakin besar dimensi antena maka *footprint* yang dihasilkan semakin besar. Untuk perhitungan secara matematis hanya dilakukan untuk menghitung lebar *patch* antena agar terjadinya *matching impedance*.



Gambar 5. Tampak atas antena *V-Shaped*

Tabel 2 Nilai dimensi antenna

Variabel	Dimensi (mm)	Keterangan
l	65	Panjang lengan <i>patch</i>
s	20	Tinggi <i>patch</i>
Ls	105	Lebar substrat
Hs	60	Tinggi substrat
t	0.035	Tebal konduktor
h	1.6	Tebal substrat
w	0.65	Lebar <i>patch</i>

Pada proses perancangan awal antena *V-Shaped* dilakukan pembentukan *ground plane* dan substrat sesuai dengan dimensi yang telah ditentukan. Pada penelitian kali ini untuk mengatasi *offset* maka akan diimplementasikan karakteristik antena *V-Shaped* dengan sudut lengan (θ) adalah 100° . Selanjutnya, proses merancang *patch* yang memiliki lebar (W_0), Panjang lengan (L) dan tinggi (d) yang telah ditentukan. Pada tahap akhir perancangan awal adalah pemberian catuan di titik tengah dari tinggi *patch*.

4. Realisasi dan Pengukuran

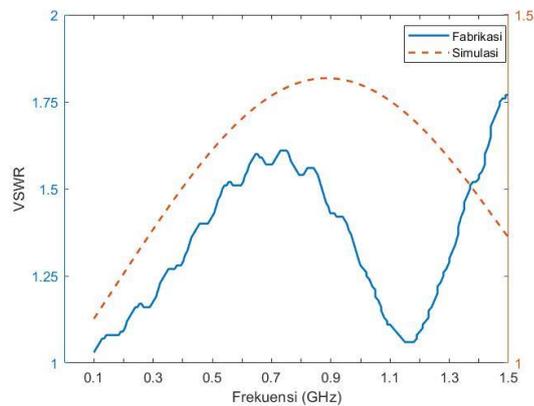
Fabrikasi antena dilakukan setelah melakukan simulasi perancangan menggunakan *software* dan menambahkan metode agar mendapatkan hasil yang diinginkan. Setelah hasil pada simulasi sesuai dengan keinginan, dilakukan pencetakan diatas papan PCB berbahan FR-4 oleh jasa percetakan PCB dan diberi konektor SMA sebagai catuan daya ke antena. Hasil fabrikasi dapat dilihat pada gambar



Gambar 7 Hasil cetak antena *V-Shaped* dengan pembebanan resistif

4.1 Pengukuran VSWR

VSWR adalah perbandingan antara nilai tegangan maksimum dan nilai tegangan minimum pada gelombang berdiri yang diakibatkan terdapat pantulan gelombang antara saluran transmisi dengan antenna pemancar. Analisis ini dilakukan untuk menentukan apakah antenna *V-Shaped* hasil fabrikasi telah memenuhi spesifikasi.

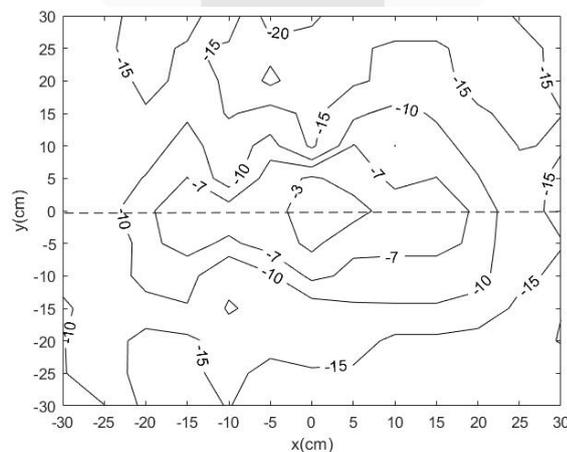


Gambar 8 VSWR hasil ukur antenna fabrikasi

Dari Gambar 4.1 dapat dilihat perbandingan VSWR hasil simulasi dan hasil fabrikasi. Pada simulasi nilai VSWR tertinggi adalah 1,408 pada frekuensi 0,885 GHz sedangkan pada hasil fabrikasi adalah 1,61 pada frekuensi 0,751 GHz. Dapat dianalisa bahwa dari rentang frekuensi kerja antenna *V-Shaped* hasil dari fabrikasi berada pada nilai dibawah 2 dan dapat dikatakan bahwa antenna hasil fabrikasi telah memenuhi spesifikasi *ultra-wideband*. Adapun ketidak stabilan kurva hasil pengukuran dapat dilihat dari adanya *ripple*. Hal ini dikarenakan adanya tambahan kabel *extention* untuk menghubungkan *port* VNA ke *port* antenna yang tidak dilakukan kalibrasi karna keterbatasan *calibrator kit* yang tersedia.

4.2 Pengukuran Footprint

Pengukuran *footprint* antenna dilakukan pada wadah segiempat yang berisikan pasir kering dengan lebar 30 cm x 30 cm. Pengukuran dilakukan dengan cara memendamkan antenna identik sebagai *receiver* yang telah terhubung oleh *port* 2 dari VNA dengan kedalaman 15 cm. Posisi antenna *receiver* merupakan titik 0.0 dari observasi yang dilakukan. Antenna *transmitter* yang telah terhubung dengan *port* 1 VNA diletakan diatas permukaan pasir dan akan digeser sejauh 5 cm kearah *xy* hingga membentuk sebuah matriks 13 x 13. Akan diperoleh sebanyak 169 titik observasi, dimana pada setiap titiknya akan diambil nilai S_{21} .



Gambar 9 Footprint antenna fabrikasi

Dari gambar 9 dapat dilihat bahwa *footprint* -3 dB tidak menjauhi titik tengah observasi. Adapun bentuk *footprint* yang tidak simetris dapat disebabkan oleh adanya *obstacle* berupa kerikil – kerikil pada tumpukan wadah pasir yang menyebabkan ketidak idealan pancaran gelombang elektromagnetik yang diterima oleh antenna *receiver* di dalam tanah. Dengan menambahkan sudut pada lengan antenna *dipole* mikrostrip menjadi bentuk V maka dapat merekayasa arah *beam* ke tengah titik observasi, sehingga tidak terjadi *offset* pada pendeteksian.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Tugas Akhir ini telah merancang dan merealisasikan antenna *V-Shaped* dengan Pembebanan Resistif untuk pengaplikasian pada sistem pemancar GPR. Antena direalisasikan pada bahan FR-4 Epoxy dengan penambahan beban resistif pada ujung kedua lengan. Hasil pengukuran antenna fabrikasi didapatkan *bandwidth* 1 GHz pada rentang frekuensi 0.1 sampai 1 GHz yang berarti nilai *fractional bandwidth* lebih besar 20%. Antena hasil fabrikasi memiliki *footprint* yang tidak mengalami *offset* pada pendeteksian objek dan meningkatkan keakuratan dalam pendeteksian.

5.2 Saran

Agar mendapatkan hasil percobaan dan fabrikasi yang lebih baik, ada beberapa hal yang dijadikan saran diantaranya untuk meningkatkan keakurasian pengukuran *footprint* baiknya dilakukan dengan menggunakan pasir yang tidak terdapat krikil dan pada ruangan khusus yang dapat mengontrol suhu, udara, kelembapan seperti di ruang *Anechoic Chamber* untuk menghindari dari gangguan benda – benda di sekitar. Untuk memperoleh dimensi antenna yang lebih kecil dan *compact* dapat mengganti bahan substrat dengan bahan yang memiliki nilai rugi – rugi yang lebih rendah.

Daftar Pustaka:

- [1] P. Annan, *G Round P Enetrating R Adar (Gpr) P Rinciples E Lectromagnetic P Rinciples of.*
- [2] N. Chakrabarti, S. Kalra, S. Saxena, and M. R. Tripathy, "Ultra-wideband antenna for a ground penetrating radar," *IFIP Int. Conf. Wirel. Opt. Commun. Networks, WOCN*, vol. 2016–November, pp. 4–9, 2016.
- [3] Herry Gunawan S, Heroe Wijayanto, Yuyu Wahyu, "Perancangan dan Simulasi Antena *Dipole Array* untuk Aplikasi *Ground Penetrating Radar (GPR)* dengan *Footprint* yang Dapat Berubah Menggunakan Metode *Finnite Difference Time Domain (FDTD)*" Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
- [4] A. A. Pramudita, C. Carmel, and N. Rendy, "Footprint Antena Mikrostrip *Dipole U* dengan Pembebanan Resistif untuk Aplikasi GPR." 0300, no. 07. 2007.
- [5] Commission Federal Communications (FCC), "First Report and Order in The Matter of Revision of Part 15 of the Commision's Rules Regarding Ultrawideband Transmission System," ET Docket 98-153, Washington, D.C. 20554, 2002.
- [6] Magdy F. Iskander, *Fields and Waves. October*, October, 2007.
- [7] R. Bansal, *Antenna theory*, vol. 25, no. 2. 2013.