

Perancangan dan Realisasi Antena Planar Bowtie untuk Aplikasi GPR

1st Annisa Safira Rachman

Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

annisasafira@student.telkomuniversity.
ac.id

2nd Levy Olivia Nur

Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom

Kota Bandung, Indonesia
levyolivia@telkomuniversity.ac.id

3rd Harfan Hian Ryanu

Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom

Kota Bandung, Indonesia
harfanhr@telkomuniversity.ac.id

Abstrak—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. Komponen penting pada Aplikasi GPR adalah antena, terdiri dari antena pemancar dan penerima. Perancangan antena ini menggunakan media substrat FR-4 Epoxy yang memiliki konstanta dielektrik (ϵ_r) 4.4, ketebalan substrate (h) 3.2 mm dan dielektrik *loss tangent* ($\tan\delta$) 0.025. Rancangan dan realisasi ini dibentuk dalam dimensi substrat 20 x 20 cm² dengan struktur lapis bawah substrat serta penambahan slot pada *groundplane*. Untuk teknik pencatutan menggunakan mikrostrip *feedline* dengan impedansi 50 Ω . Aplikasi GPR model 51600s yang menggunakan frekuensi 1.6 GHz. Dari hasil yang didapat pada simulasi di frekuensi 1.6 GHz yaitu *return loss* sebesar -16.29 dB dengan *range* frekuensi 1.523-1.636 GHz, kemudian untuk lebar *bandwidth* yang dicapai keseluruhan sebesar 113.9 MHz yang terukur pada VSWR 1.36. Pada hasil pengukuran yaitu *return loss* sebesar -12,123 dB dengan *range* frekuensi 1.5-1.58 GHz, kemudian untuk lebar *bandwidth* yang dicapai keseluruhan sebesar 80 MHz yang terukur pada VSWR 1.658 dB. Hasil simulasi dan pengukuran telah didapat dan diamati bahwa perubahan-perubahan yang terjadi pada saat pengukuran karena adanya keterbatasan kabel, alat maupun realisasi antena.

Kata kunci—*antena planar bowtie, GPR, bandwidth.*

Abstract—GPR is a very useful system for the process of detecting objects that are or buried in the ground to a certain depth without having to dig the ground. An important component in GPR Applications is the antenna, consisting of a transmitting and receiving antenna. The design of this antenna uses FR-4 Epoxy substrate media which has a dielectric constant (ϵ_r) of 4.4, a substrate thickness (h) of 3.2 mm and a dielectric *loss tangent* ($\tan\delta$) of 0.025. This design and realization is formed in the dimensions of the substrate 20 x 20 cm² with a sub-substrate structure and additional slots on the ground plane. For the feeding technique using a *feedline* microstrip with an impedance of 50 Ω . The GPR model 51600s application uses the 1.6 GHz frequency. From the results obtained in the simulation at a frequency of 1.6 GHz, the *return loss* is -16.29 dB with a frequency range of 1.523-1.636 GHz, then the overall bandwidth achieved is 113.9 MHz as measured at VSWR 1.36. In the measurement results, the *return loss* is -12.123 dB with a frequency range of 1.5-1.58 GHz, then the overall bandwidth achieved is 80 MHz which is measured at a VSWR of 1.658 dB. The results of simulations and measurements have been obtained and it is observed that the changes that occur during measurements are due to the limitations of cables, tools and antenna realizations.

Keywords—*bowtie planar antenna, GPR, bandwidth.*

I. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi saat ini yang banyak diterapkan dalam pekerjaan teknik yaitu *Radio Detection and Ranging* (Radar). Salah satu pengembangannya ialah *Ground Penetrating Radar* (GPR). GPR merupakan system yang sangat berguna untuk proses pendeteksian benda-benda yang berada atau terkubur di dalam tanah dengan kedalaman tertentu tanpa harus menggali tanah.[1]

Aplikasi penggunaan GPR, sudah banyak diproduksi oleh perusahaan geofisik untuk dikomersilkan, salah satunya dari perusahaan *Geophysical Survey System, Inc* (GSSI). Pada perusahaan tersebut terdaftar aplikasi GPR dengan nomor model 51600S telah teregistrasi sebagai standar penggunaan frekuensi kerja pada GPR oleh *Federal Communication Commission* (FCC) ID QF75100 yang menggunakan frekuensi 1.6 GHz.[2]

Komponen penting pada aplikasi GPR adalah antena, terdiri dari antena pemancar dan penerima. Pada antena penerima ke tegangan pemancar sebagai dapat diukur dari rasio tegangan ini didefinisikan dari koefisien. Antena yang diinginkan pada aplikasi GPR harus memiliki *bandwidth* fraksional yang besar. Umumnya, antena yang digunakan aplikasi GPR yaitu antena vivaldi, antena tem horn dan antena bowtie. Pada penelitian ini akan menggunakan antena bowtie, karena sangat sensitive terhadap gangguan elektromagnetik yang dengan mudahnya dapat terdeteksi pada objek sekitar.

Aplikasi GPR ini melibatkan penggunaan pulsa sempit sebagai gelombang yang akan dipancarkan oleh antena pengirim, pulsa sempit tersebut tentunya akan mempunyai lebar bidang frekuensi yang luas, karena besaran waktu dengan besaran frekuensi mempunyai hubungan yang berkebalikan atau kata lainnya semakini sempit pulsa maka lebar bidang frekuensinya akan semakin besar. Disinilah diperlukan suatu antena yang dapat mempertahankan kestabilan parameter untuk rentang frekuensi yang luas. Salah satu yang melatar belakangi ide penggunaan antena dengan teknologi pita lebar (*wideband*) pada GPR.[9]

Pada penelitian sebelumnya oleh Alfin Hidayat [15], ada banyak perbedaan dimana persamaannya hanya pada model aplikasi GPR. Perbedaan penelitian sebelumnya dari penelitian sekarang yaitu *software 3D* untuk merancang antena, material substrat yang digunakan, rumus yang digunakan untuk merancang antena, model rancangan antena planar bowtie, parameter dari hasil perhitungan. Penelitian sebelumnya juga tidak melakukan realisasi dan

juga pengujian kelayakan prototipe antena di laboratorium. oleh karena itu penulis menambahkan realisasi dan juga pengujian pada penelitian sekarang.

II. KAJIAN TEORI

A. Ground Penetrating Radar (GPR)

Ground Penetrating Radar (GPR) merupakan system yang sangat berguna untuk proses pendeteksian benda-benda yang berada atau terkubur di dalam tanah dengan kedalaman tertentu tanpa harus menggali tanah. Dengan teknologi GPR maka informasi mengenai keadaan dibawah permukaan suatu medium dapat dilakukan dengan cepat dan mudah.[1]

B. Aplikasi GPR

Aplikasi penggunaan GPR, sudah banyak diproduksi oleh perusahaan geofisik untuk dikomersilkan, salah satunya dari perusahaan *Geophysical Survey System, Inc (GSSI)*. Pada perusahaan tersebut terdaftar aplikasi GPR dengan nomor model 51600S telah teregistrasi sebagai standar penggunaan frekuensi kerja pada GPR oleh *Federal Communication Commision (FCC) ID QF75100* yang menggunakan frekuensi 1.6 GHz.[2]

C. Antena Bowtie

Antena bowtie atau biasa disebut antena bentuk kupu-kupu adalah salah satu jenis antena *biconical* karena antena bowtie bentuk lempeng dari antena *biconical*. Antena bowtie ini memiliki beberapa keunggulan antara lain berbentuk sederhana sehingga mudah untuk dibuat.[3]

D. Antena Planar

Antena planar merupakan konduktor metal yang menempel diatas *groundplane* yang diantaranya terdapat bahan substrat dielektrik. Struktur antena planar ini terdiri dari 3 lapisan yaitu elemen peradiasi (*patch*), *substrat* dan *groundplane*. [4]

E. Teknik Pencatutan Mikrostrip Line Feed

Teknik pencatutan *line feed* yang digunakan pada penelitian ini merupakan teknik pencatutan yang paling mudah untuk dirancang maupun direalisasikan pada antena. Karena pencatu *line feed* dan *patch* nya berada di substrat yang sama dengan ukuran lebar yang lebih kecil dibandingkan *patch*. [6]

III. PERANCANGAN SISTEM

A. Spesifikasi Antena

Untuk mendukung proses rancang dan realisasi antena pada penelitian ini, berikut spesifikasi media yang telah ditetapkan untuk mencapai kelayakan antena planar bowtie untuk diaplikasikan pada Ground Penetrating Radar (GPR):

TABEL 1
SPESIFIKASI YANG INGIN DICAPAI

Parameter	Nilai
Jenis Antena	Antena Planar Bowtie
Jenis Aplikasi GPR	Model 51600S
Frekuensi Kerja	1.6 GHz
Return Loss	<-10 dB
Bandwith	≥100 MHz (Wideband)
VSWR	≤2
Impedansi Masukan (Zo)	50 Ω
Jenis Substrate	FR-4 Epoxy
Konstanta dielektrik (εr)	4.4
Ketebalan Substrate (h)	3.2 mm

Thickness (t)	0.035 mm
Dielektrik Loss Tangent (tan ^δ)	0.025 Cons. Fit

B. Perhitungan Dimensi Antena

Setelah didapat frekuensi target yang ditetapkan yaitu pada 1.6 GHz, selanjutnya membentuk awal model peradiasi bowtie dengan berdasar kepada pemodelan awal yang berbentuk segitiga. Untuk dapat membuat dimensi peradiasi bowtie dengan menggunakan rumus persamaan, dimulai dengan menghitung *patch*, lalu lebar maupun tinggi *groundplane* dan juga lebar maupun tinggi *feedline*. Dimulai dengan menghitung *patch* segitiga, menggunakan Persamaan (2.4), sebagai berikut:

$$f_r = \frac{2c\sqrt{1^2 + 1.0 + 0^2}}{3a \cdot \sqrt{\epsilon_r}}$$

$$1,6 \cdot 10^9 = \frac{2c}{3a \cdot \sqrt{4,4}}$$

$$a = \frac{2 \cdot 3 \cdot 10^8}{3a \cdot \sqrt{4,4} \cdot 1,6 \cdot 10^9}$$

$$a = 59,59 \text{ mm}$$

Kemudian untuk menghitung konstanta dielektrik efektif (ϵ_{eff}) dapat menggunakan Persamaan (2.5), sebagai berikut:

$$\epsilon_{eff} = \frac{4,4 + 1}{2} + \frac{4,4 - 1}{4\sqrt{1 + \frac{12 \cdot 3 \cdot 2}{59,59}}}$$

$$\epsilon_{eff} = 3,36$$

Kemudian menghitung lebar *groundplane* (LG) dapat menggunakan Persamaan (2.6), sebagai berikut:

$$LG = 2 \times 59,59$$

$$LG = 119,18 \text{ mm}$$

Setelah mendapatkan nilai LG, lanjut mencari nilai panjang *groundplane* (WG) dapat menggunakan Persamaan (2.7), sebagai berikut:

$$WG = 2 \times 59,59$$

$$WG = 119,18 \text{ mm}$$

Kemudian menghitung panjang *feedline*, maka untuk membantu mencari nilai sebenarnya. Ada empat persamaan yang harus dicari. Pertama nilai λ_o dapat menggunakan Persamaan (2.8), sebagai berikut:

$$\lambda_o = \frac{3 \cdot 10^8}{1,6 \cdot 10^9}$$

$$\lambda_o = 187,5 \text{ mm}$$

Setelah mendapatkan nilai λ_o kedua mencari nilai λ_g dapat menggunakan Persamaan (2.9), sebagai berikut:

$$\lambda_g = \frac{187,5}{\sqrt{3,36}}$$

$$\lambda_g = 102,289636 \text{ mm}$$

$$\lambda_g = 102,29 \text{ mm}$$

Setelah mendapatkan nilai λ_g , ketiga mencari nilai L1 dapat menggunakan Persamaan (2.10), sebagai berikut:

$$L_1 = 1.102,29$$

$$L_1 = 102,29 \text{ mm}$$

Setelah mendapatkan nilai L_1 , terakhir mencari nilai L_2 dapat menggunakan Persamaan (2.11), sebagai berikut:

$$L_2 = \frac{102,29}{4}$$

$$L_2 = 25,57 \text{ mm}$$

Setelah empat persamaan sudah diperoleh, maka selanjutnya mencari nilai tinggi *feedline* (LL) yang sesungguhnya dapat menggunakan Persamaan (2.12), sebagai berikut:

$$LL = 102,29 + 25,57$$

$$LL = 127,86 \text{ mm}$$

Kemudian menghitung lebar *feedline* (WL), untuk membantu nilai yang sebenarnya maka nilai B dapat diperhitungkan menggunakan Persamaan (2.13), sebagai berikut:

$$B = \frac{377,3,14}{2,50\sqrt{4,4}}$$

$$B = 5,643$$

Setelah nilai B sudah diperoleh, maka selanjutnya mencari nilai lebar *feedline* (WL) yang sesungguhnya dapat menggunakan Persamaan (2.14), sebagai berikut:

$$\frac{wl}{d} = \frac{2}{3,14} [5,643 - 1 - \ln(2,5,643 - 1) + \frac{4,4 - 1}{2,4,4} \{ \ln(5,643 - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{4,4} \}]$$

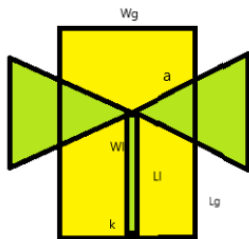
$$wl = 1,912356688 \times d$$

$$wl = 1,912356688 \times 1$$

$$wl = 1,912 \text{ mm}$$

C. Desain Awal Antena

Untuk desain awal antena menggunakan perhitungan dimensi dapat dilihat pada Gambar 3.2.



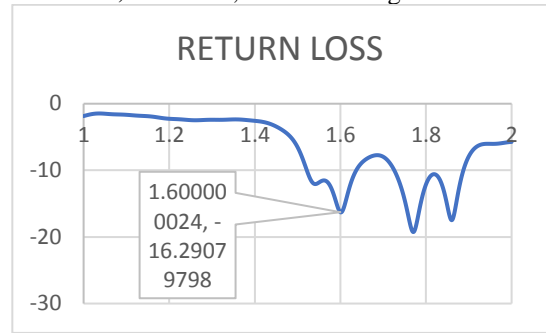
GAMBAR 1
DESAIN AWAL ANTENA.

D. Optimasi Dimensi Antena

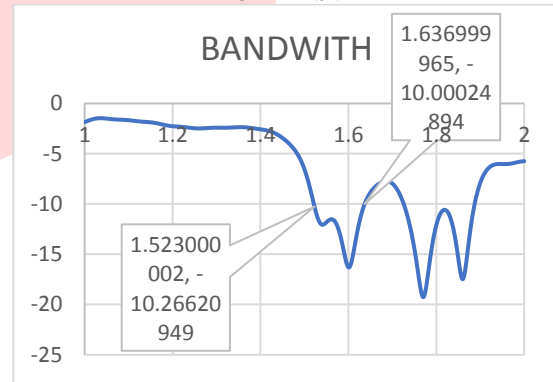
Pada penelitian Tugas Akhir ini dilakukan simulasi dengan menggunakan *software 3D*. Simulasi terdiri dari beberapa tahap, yaitu perancangan awal antena yang sesuai dengan perhitungan. Namun hasil rancangan awal antena tidak memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan, sehingga dilakukan penambahan slot pada *groundplane* dan optimasi untuk mendapatkan spesifikasi yang telah ditentukan. Rancangan selanjutnya yaitu fokus pada peningkatan *bandwith* dengan optimasi parameter. Optimasi dilakukan dengan melakukan perubahan nilai *patch* sebesar 59.2 mm dan lebar *feedline* sebesar 2.4 mm.

E. Hasil Simulasi

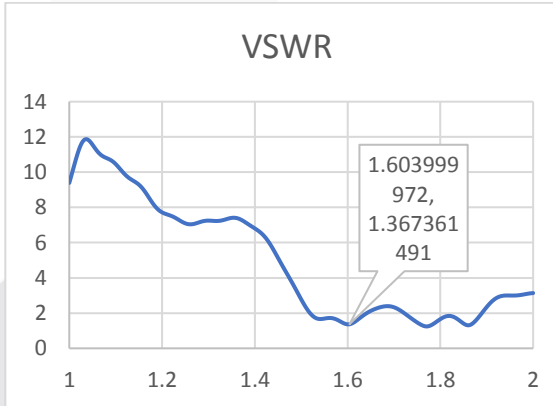
Berikut pengamatan grafik terhadap hasil simulasi pada desain antena setelah modifikasi untuk parameter *return loss*, *bandwith*, *VSWR*. Sebagai berikut:



GAMBAR 2
NILAI RETURN LOSS PENAMBAHAN SLOT SETELAH OPTIMASI.



GAMBAR 3
NILAI BANDWITH PENAMBAHAN SLOT SETELAH OPTIMASI.



GAMBAR 4
NILAI VSWR PENAMBAHAN SLOT SETELAH OPTIMASI.

TABEL 2
PERBANDINGAN HASIL SIMULASI DESAIN AWAL ANTENA DAN PENAMBAHAN SLOT SETELAH OPTIMASI

Parameter	Hasil Desain Awal Antena	Hasil Penambahan Slot Setelah Optimasi
Return Loss	-3.1313 dB	-16.29 dB
Bandwith	100 MHz	113.9 MHz
VSWR	5.64	1.36

Keterangan: penambahan nilai *patch* dari 59.59 menjadi 59.2 mm dan nilai *feedline* dari 1.912 mm menjadi 2.4 mm.

Dapat dilihat nilai return loss terjadi penurunan tetapi masih cukup baik karena masih mencapai target. Sedangkan nilai *bandwith* dan *VSWR* terjadi penurunan.

yang sangat baik. Dapat disimpulkan spesifikasi berhasil didapatkan untuk mencapai target yang diinginkan dan mendapatkan rancangan antenna yang sesuai.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Realisasi Antena

Bahan substrat yang digunakan adalah 1.6 mm sedangkan yang dibutuhkan realisasi pada antenna ini yaitu 3.2 mm. Maka dari itu realisasi dilakukan menggunakan 2 Papan *Circuit Board* (PCB) masing-masing PCB menggunakan substrat 1.6 mm.



GAMBAR 5 PCB 1 (A) TAMPAK DEPAN (B) TAMPAK BELAKANG.

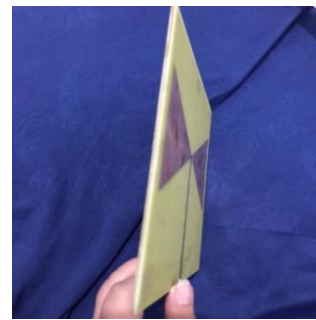
Pada Gambar. 4.1 (a) dan (b) diatas adalah PCB 1 gabungan antara *patch* dan juga substrat dengan ukuran 1.6 mm. Kemudian dapat dilihat Gambar. 4.1 (a) merupakan PCB 1 bagian depan dimana ada *patch* dan Gambar. 4.1 (b) merupakan PCB 1 bagian belakang dimana ada substrat.



GAMBAR 6 PCB 2 (A) TAMPAK DEPAN (B) TAMPAK BELAKANG.

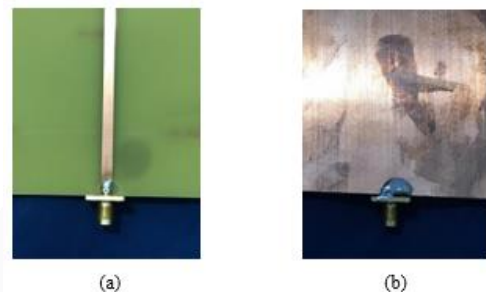
Pada Gambar. 4.2 diatas adalah PCB 2 gabungan antara substrat ukuran 1.6 mm dan *groundplane* dengan slot ditengah. Kemudian dapat dilihat Gambar. 4.2 (a) merupakan PCB 2 bagian depan dimana ada substrat dan Gambar.4.2 (b) merupakan PCB 2 bagian belakang dimana ada *groundplane* dengan slot ditengah.

Setelah 2 PCB telah direalisasi, maka langkah selanjutnya membuat dua PCB ini merekat dengan menggunakan lem Al-teko masing-masing tiap sisi. Berikut hasil penggabungan dua PCB, dapat dilihat pada Gambar. 4.3 dibawah:



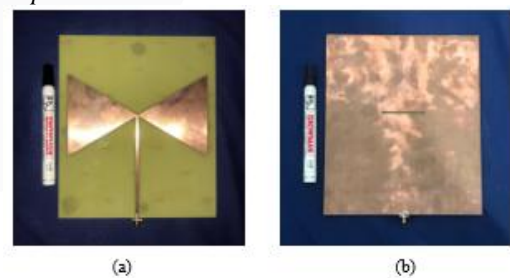
GAMBAR 7 HASIL PENGGABUNGAN 2 PCB.

Kemudian setelah PCB menjadi satu, selanjutnya dipasang konektor pada bagian port antenna dengan cara disolder. Konektor ini berguna untuk menyambungkan kabel ketika proses pengukuran dilakukan dan untuk daya pancar pada antenna ke alat *Network Analyzer* untuk pembacaan data, apakah prototipe antenna ini hasilnya sama pada simulasi sehingga layak untuk diaplikasikan pada *Ground Penetrating Radar* (GPR). Dapat dilihat pada Gambar. 4.4 dibawah ini:



GAMBAR 8 KONEKTOR (A) TAMPAK DEPAN (B) TAMPAK BELAKANG.

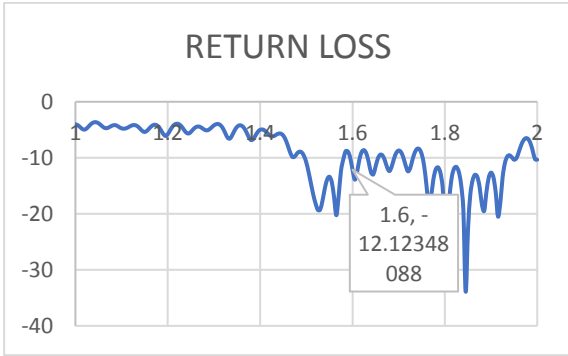
Pada Gambar. 4.4 diatas merupakan konektor yang telah disolder. Kemudian dapat dilihat pada Gambar. 4.4 (a) merupakan konektor yang telah disolder pada PCB bagian depan yaitu port dan *feedline* dan Gambar. 4.4 (b) merupakan konektor yang telah disolder pada PCB bagian belakang yaitu *groundplane*.



GAMBAR 9 HASIL PROTOTIPE ANTENA (A) TAMPAK DEPAN (B) TAMPAK BELAKANG.

Dapat dilihat pada Gambar 4.5 merupakan hasil akhir bentuk prototipe antenna dari realisasi antenna. Dan dibandingkan dengan ukuran spidol *boardmarket*, terlihat prototipe antenna lebih besar dibandingkan spidol.

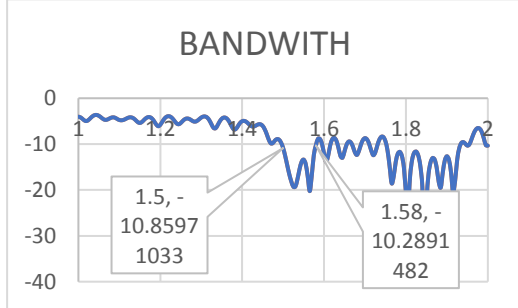
B. Hasil Pengukuran Medan Dekat



GAMBAR 10

NILAI RETURN LOSS PENGUKURAN.

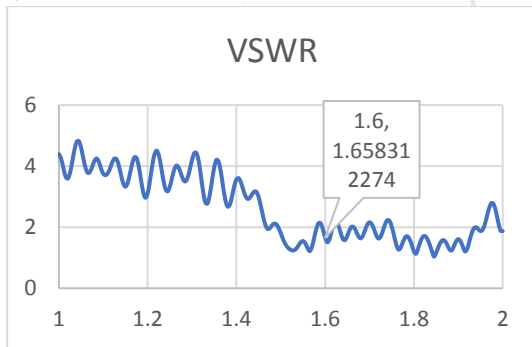
Pada Gambar. 4.6 terlihat bahwa pada hasil pengukuran nilai *return loss* dari antenna planar bowtie ini bernilai sebesar -12,12348088 dB pada frekuensi 1,6 GHz dengan *range* frekuensi 1.5-1.58 GHz. Hal ini sudah sangat baik karena melebihi acuan standar *return loss*, yaitu lebih rendah atau kurang dari -10 dB.



GAMBAR 11

NILAI BANDWITH PENGUKURAN.

Pada Gambar. 4.7 terlihat bahwa pada hasil pengukuran nilai *bandwith* dari antenna planar bowtie ini bernilai sebesar 80 MHz. Hal ini belum tercapai karena terjadinya pergeseran frekuensi pada saat pengukuran dan acuan nilai tidak mencapai ≥ 100 MHz.



GAMBAR 12

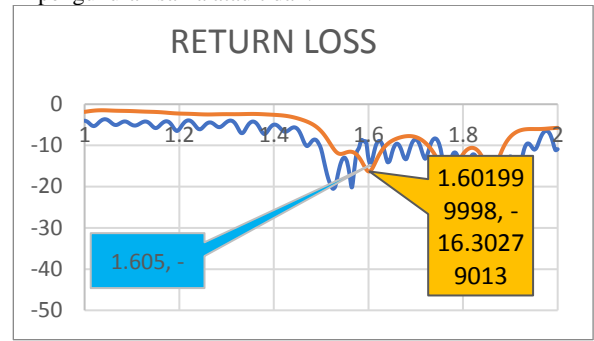
NILAI VSWR PENGUKURAN.

Pada Gambar. 4.8 terlihat bahwa pada hasil pengukuran nilai VSWR dari antenna planar bowtie ini bernilai sebesar 1,658312274 dB pada frekuensi 1,6 GHz. Hal ini sudah sangat baik karena melebihi acuan standar VSWR, yaitu berada diantara nilai 1 dan 2.

C. Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran

Diuraikan secara rinci membahas analisis perbandingan parameter pengukuran medan dekat yang dihasilkan pada

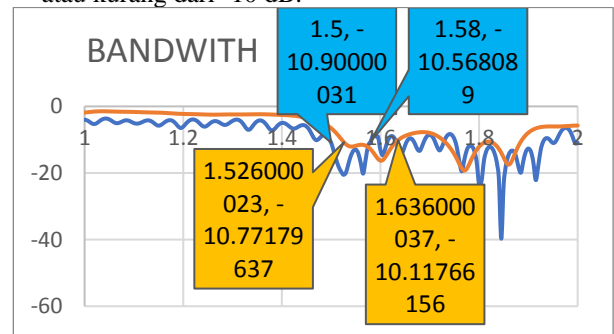
simulasi dan pengukuran. Apakah hasil dari simulasi dan pengukuran sama atau tidak.



GAMBAR 13

PERBANDINGAN NILAI RETURN LOSS PADA SIMULASI DAN PENGUKURAN.

Terlihat bahwa pada hasil simulasi berwarna orange nilai *return loss* ini sebesar -16,29079798 dB pada frekuensi 1,6 GHz. Sedangkan pada hasil pengukuran berwarna biru nilai *return loss* antenna planar bowtie ini sebesar -12,12348088 dB pada frekuensi 1,6 GHz. Walaupun ada perbedaan nilai, hal ini sudah sangat baik dan mencapai target karena melebihi acuan standar *return loss* yaitu lebih rendah atau kurang dari -10 dB.

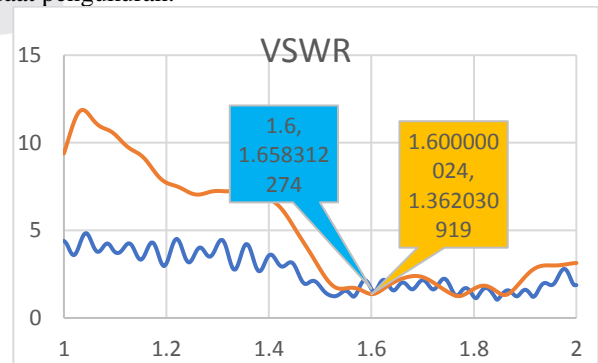


GAMBAR 14

PERBANDINGAN NILAI BANDWITH PADA SIMULASI DAN PENGUKURAN.

Terlihat bahwa pada hasil simulasi berwarna orange nilai *bandwith* sebesar 113.5 MHz pada -10 dB dan frekuensi 1,6 GHz dengan *range* frekuensinya 1,5215 GHz – 1,637 GHz.

Sedangkan pada hasil pengukuran berwarna biru nilai *bandwith* sebesar 80 MHz pada -10 dB dan frekuensi 1,5 GHz dengan *range* frekuensinya 1,5 GHz – 1,58 GHz. Hal ini disebabkan karena terjadi pergeseran frekuensi pada saat pengukuran.



GAMBAR 15

PERBANDINGAN NILAI VSWR PADA SIMULASI DAN PENGUKURAN.

Terlihat bahwa pada hasil simulasi berwarna orange nilai VSWR sebesar 1,362 di frekuensi 1,6 GHz. Sedangkan pada hasil pengukuran berwarna biru nilai VSWR sebesar 1,658 pada frekuensi 1,6 GHz. Walaupun ada perbedaan nilai, hal ini sudah sangat baik dan mencapai target karena melebihi acuan standar VSWR yaitu berada dinilai 1 dan 2.

D. Penentuan Kelayakan Prototipe Antena Planar Bowtie untuk Aplikasi GPR

Dalam Subbab 4.6. ini diuraikan secara rinci membahas penentuan pengujian kelayakan prototipe antena untuk diaplikasikan pada *Ground Penetrating Radar* (GPR) dan faktor penyebab adanya perbedaan nilai maupun grafik pada simulasi dan pengukuran.

Untuk mengetahui apakah prototipe antena planar bowtie yang dibuat layak atau tidak, maka harus diketahui standar dari nilai spesifikasi yang ditargetkan, dimana terdiri dari *bandwith*, *return loss* dan VSWR. Berikut dapat dilihat Tabel 4.3 dibawah ini:

TABEL 3
PENENTUAN KELAYAKAN PROTOTIPE ANTENA UNTUK APLIKASI GPR.

Parameter	Hasil	Target	LAYAK/TIDAK
Return Loss	-12.123	<-10 dB	LAYAK
Bandwith (Wideband)	1.5 – 1.58 GHz (80 MHz)	≥100 MHz	TIDAK
VSWR	1.659	1-2	LAYAK

Berdasarkan Tabel. 4.3 diatas, dapat diketahui bahwa parameter *return loss* dan VSWR hasil pengukuran prototipe antena planar bowtie menunjukkan bahwa prototipe tersebut layak. Hanya saja untuk nilai pengukuran parameter *bandwith* (*wideband*) tidak layak. Maka dari itu prototipe antena menunjukkan bahwa tidak memenuhi standar untuk diaplikasikan pada *Ground Penetrating Radar* (GPR) dengan frekuensi 1.6 GHz.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, realisasi dan analisa antena planar bowtie pada aplikasi GPR dengan frekuensi 1,6 GHz. Dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Dari hasil simulasi nilai koefisien refleksi (S_{11}) pada frekuensi 1,6 GHz nilai *return loss* sebesar -16,2908 dB dan *bandwith* sebesar 113,99 MHz (*range* frekuensi 1,523 – 1,63 GHz) dengan nilai VSWR sebesar 1,367. Pada hasil simulasi ini mencapai target yang diinginkan, menghasilkan rancangan antena yang sesuai pada aplikasi GPR dan mendapatkan target *bandwith* yang lebar.
- Dari hasil pengukuran didapatkan nilai koefisien refleksi (S_{11}) pada frekuensi 1,6 GHz nilai *return loss* sebesar -12,12348 dB dan nilai VSWR sebesar 1,6583. Sedangkan nilai *bandwith* sebesar 80 MHz (*range* frekuensi 1,5 – 1,58 GHz) pada frekuensi 1,5 GHz.
- Hal ini terjadi karena adanya pergeseran frekuensi. Faktor menjadi penyebab pengukuran tidak maksimal karena adanya keterbatasan kabel,

alat maupun ruangan laboratorium sehingga pada penelitian antena planar bowtie ini tidak layak diaplikasikan pada GPR.

B. Saran

Berdasarkan hasil perancangan, realisasi, pengukuran dan analisa antena planar bowtie pada aplikasi GPR dengan frekuensi 1,6 GHz. Adanya saran agar bisa dapat dikembangkan lagi sehingga tujuan dapat lebih tercapai. Sebagai berikut:

- Menambah pengetahuan pada antena planar bowtie dan aplikasi GPR.
- Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai parameter antena planar bowtie pada penelitian ini, agar hasil lebih akurat sehingga antena planar bowtie layak untuk diaplikasikan pada GPR.
- Proses pengukuran prototipe antena sebaiknya dilakukan didalam ruangan *chamber*, sehingga tidak terdapat interferensi atau gangguan berupa pantulan dari gelombang lain di udara maupun pantulan gelombang dari objek sekitar.

REFERENSI

- Wahyu, Yuyu et al, Desember 2013, “Antena spiral-dipole untuk Ground Penetrating Radar (GPR)”. Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi Volume 13. No. 2. [http://www.ppet.lipi.go.id/jurnal/jet/issue/viewFile/2/2].
- Geophysical Survey System, Inc. Product catalogue-antennas brochure <http://www.geophysical.com>
- H. Enggar, S. Imam, P. Teguh, Perancangan Antena Bowtie sebagai Penerima Siaran Televisi Digital pada Rentang Frekuensi UHF (Ultra High Frequency), Transient, Vol.4, Desember 2015, ISSN: 2302,9927, 1088.
- S. Novia, W. Evyta, Y. Moch, “Simulasi Perbaikan Gain Bandwith Antena Planar Susun Menggunakan Defected Ground Structure (DGS) Bentuk Spiral Persegi 6 x 7” (SMAP, 2018), Hal. 111-114.
- Basic antenna theory and concepts. [ftp://ftp.kemt.fei.tuke.sk /KEMT559_ SK/_MATERIALY/ Antrny/wk11Antenas.ppt.]
- Nugraha, Ade Setya. Dkk. “Perancangan dan Analisa Antena Mikrostrip dengan Frekuensi 850 MHz untuk Aplikasi Praktikum Antena”. TRANSMISI, 13 (1), 2011, 39-45. 2011.
- Habibullah, Skripsi: “Studi Perbandingan Antena Mikrostrip Patch Lingkaran dan Antena Mikrostrip Patch Persegi sebagai Penguat Sinyal Modem”. (Semarang: UNSEM, 2018), Hal. 1-94.
- Muhammad Daffa Faisal, Skripsi: “Perancangan Antena Mikrostrip pada Frekuensi 2.3 GHz”. (Makassar, UNHAS, 2022), Hal. 1-21.
- Alfin Hidayat, Skripsi: “Perancangan Antena Bow-tie Mikrostrip pada Frekuensi 1.6 GHz untuk Sistem Ground Penetrating Radar (GPR)”. (Jakarta: UNDAPER, 2015), Hal 1-105.
- Balanis, Constantine A. 2005. Antenna Theory – Analisis and Design Third Edition. New Jersey: John Wiley and Sons.

- [11] L. Amanta, G. Yomi, A. Firdaus, “*Desain Antena Mikrostrip Omnidirectional Material Polimida untuk Komunikasi Video pada PUNA (Pesawat Udara Nir Awak) BPPT dalam pada Frekuensi 2.4 GHz*” (SEMANTIK, 2015), Hal. 329.
- [12] M. Rahim, M. Abdul, C. Goh, “*Bow-tie Microstrip Antenna Design*”, (Malaysia, 2014).
- [13] Rusli, Skripsi: “*Desain Antena Mikrostrip untuk Aplikasi Ground Penetrating Radar (GPR)*”, (Makassar: UNHAS, Agustus 2013), Hal. 1-102.
- [14] H. Arista, C. Irene, and N. Raja, *Network Analyzer*, Jakarta: 2017.
- [15] Alfin Hidayat, “*Simulasi Rancangan Antena Planar Bow-tie untuk Aplikasi GPR*”, *Jurnal EECCIS* vol.qw, No.2, Oktober 2018, Hal.85-88.

