

## ANTENA VIVALDI ANTIPODAL SIRKULAR ULTRA WIDE-BAND (UWB) UNTUK RADAR TEMBUS TEMBOK

Mukhammad Ajie Saputra<sup>1</sup>, Heroe Wijanto<sup>2</sup>, Yuyu Wahyu<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>S1 Teknik Telekomunikasi, Universitas Telkom, Bandung, Jl. Telekomunikasi No.1 Terusan Buah Batu 40257

<sup>3</sup>Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi – LIPI, Bandung, Jl. Sangkuriang, Komplek LIPI 40135  
ajieputra@student.telkomuniversity.ac.id

### Abstrak

Radar tembus tembok memerlukan akurasi yang baik dan sensitif agar dapat memperoleh *radio image* dari target. Untuk mencapai hal tersebut, *bandwidth* pulsa yang dipancarkan harus lebar. Pola pancar yang diinginkan dari antenna radar tembus tembok adalah *unidirectional*, yakni sesuai fungsinya yaitu mendeteksi objek hanya di balik tembok. Maka, penelitian ini merancang antenna mikrostrip Vivaldi Ultra Wide-Band (UWB). Bentuk *patch* Vivaldi dipilih karena memiliki keistimewaan memberikan *bandwidth* lebar. Konfigurasi *patch* antipodal akan mendukung pencatutan *microstrip line*, sedangkan penambahan beban sirkular pada setiap lengan Vivaldi akan menambah *bandwidth*, terutama pada batas frekuensi bawah. Hasil simulasi antenna bekerja sepanjang frekuensi 3,1 – 10,6 GHz, sehingga antenna dikategorikan sangat *ultra wide bandwidth* dengan *gain* tertinggi 9,98 dB dengan pola radiasi *unidirectional*. Pada antenna yang direalisasikan dan dilakukan pengukuran, nilai *return loss* bernilai di bawah -10 dB sepanjang frekuensi 3,1 – 10,6 GHz. Maka antenna telah memenuhi spesifikasi radar UWB tembus tembok.

**Kata kunci:** antenna Vivaldi, sirkular antipodal, UWB, radar tembus tembok

### Abstract

Radar required good accuracy and sensitivity to obtain radio image of the target. To achieve this case, the emitted pulse bandwidth had to be wide. The desired transmit pattern of a through wall radar antenna was *unidirectional*, whose function was to detect objects just behind the wall. This research designed the Vivaldi Ultra Wide-Band (UWB) microstrip antenna. UWB technology played a very important role in through wall radar. Vivaldi antenna design patch was chosen because of its feature in giving wide bandwidth. An antipodal patch configuration would support microstrip line feeding, while the addition of circular load on each Vivaldi arm would increase the bandwidth, especially at lower frequency. The antenna simulation result works along 3.1 – 10.6 GHz frequency, so the antenna is categorized as ultra wide bandwidth with a gain of 9.98 dB *unidirectional* radiation pattern. At the realized and measured antenna, the return loss is less than -10 dB along 3.1 – 10.6 GHz frequency. Therefore, the researched antenna has already met the UWB through wall radar requirements.

**Keywords :** Vivaldi antenna, antipodal circular, UWB, through wall radar

### PENDAHULUAN

Peran sebuah radar (Radio Detection and Ranging) tembus tembok untuk mendeteksi objek-objek di balik dinding sangat dibutuhkan untuk kasus-kasus tidak terduga, khususnya proses evakuasi. Hal tersebut berkaitan dengan pengambilan keputusan yang harus cepat saat prosesnya berlangsung, misal saat terjadi kebakaran, gempa bumi, atau

perampokan. Radar memerlukan akurasi yang baik dan sensitif agar memperoleh *radio image* dari target (Immooev, 2002), sehingga *bandwidth* pulsa yang dipancarkan harus lebar. Hal tersebut memerlukan antenna yang mampu mengakomodir *bandwidth* lebar, yakni antenna UWB.

Teknologi Radar Ultra Wide-Band (UWB) merupakan sistem komunikasi jarak

pendek yang memiliki *bandwidth* lebar, yang beroperasi pada frekuensi 3,1-10,6 GHz untuk aplikasi radar tembus tembok dan penelitian ilmiah menurut regulasi Federal Communication Commission (FCC) (**Federal Communications Commission, 2002**). Sebuah antenna dikatakan UWB ketika lebar *bandwidth* lebih besar daripada 20% dari frekuensi tengahnya, sehingga rentang frekuensi 3,1-10,6 GHz dapat dikategorikan sebagai UWB. Radar tembus tembok dengan teknologi UWB memiliki akurasi jangkauan deteksi yang tinggi, dan karakteristik penetrasi pada dinding yang baik (**Ponto, 2014**).

Pola radiasi *unidirectional* dibutuhkan untuk penerapan radar tembus tembok agar radar mendeteksi hanya objek-objek di satu arah tertentu, dalam hal ini di balik dinding. Antena dengan pola radiasi *bidirectional* menyebabkan objek di belakang antena terdeteksi, sehingga mempengaruhi penerimaan sinyal dan menurunkan kemampuan radar (**Hariyadi; dkk., 2011**).

Teknologi yang digunakan untuk aplikasi radar ini adalah menggunakan antena mikrostrip dengan bentuk *patch* Vivaldi dengan bahan substrat Rogers Duroid 5880 ( $\epsilon_r=2,2$ ). Teknologi ini dipilih karena antena mikrostrip Vivaldi merupakan kandidat terbaik dari jenis-jenis antena lainnya karena mendukung hasil yang *ultra-wide bandwidth* (**Jian Bai; dkk., 2011**). Pemilihan bahan substrat Rogers Duroid 5880 diharapkan mampu bekerja dengan baik pada antena berfrekuensi tinggi.

Antena Vivaldi terbagi menjadi dua, yaitu coplanar dan antipodal. Keterbatasan struktur coplanar pada antena Vivaldi adalah pada teknik pencatutan antena yang digunakan. Pencatutan *microstrip-to-slotline* pada struktur

coplanar pada Vivaldi memiliki kelemahan yaitu rugi-rugi radiasi yang cukup tinggi yang dihasilkan oleh stub berbentuk kipas dan dapat merusak pola radiasi antena pada frekuensi tinggi (**Jian Bai; dkk., 2011**). Maka dipilih struktur antipodal yang dapat mengakomodir teknik pencatutan microstrip line dan dapat mencapai *bandwidth* lebih lebar dibandingkan struktur coplanar (**Jian Bai; dkk., 2011**).

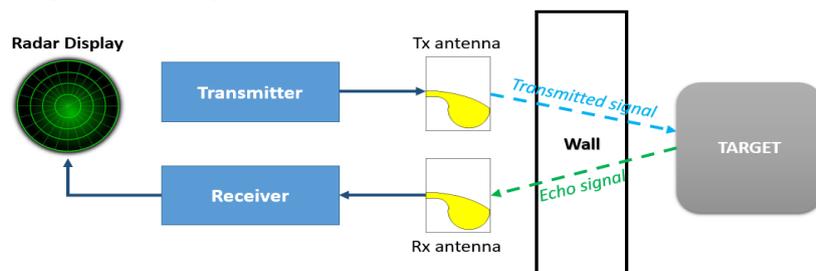
Oleh karena itu, penelitian ini merancang dan merealisasikan antena Vivaldi Antipodal dengan penambahan *load* sirkular pada kedua lengan Vivaldi. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah antena yang dirancang memiliki *bandwidth* lebar, yakni 3,1 – 10,6 GHz dan dapat memenuhi spesifikasi untuk penggunaan radar tembus tembok, di mana harus memiliki *bandwidth* lebar dan pola radiasi *unidirectional*.

#### • Radar Tembus Tembok

Radar adalah suatu sistem deteksi gelombang radio yang berguna untuk mendeteksi, mengukur jarak dan memetakan target. Akurasi radar dipengaruhi oleh resolusi radar dan resolusi radar dipengaruhi oleh *bandwidth* pulsa yang digunakan. Hubungan antara resolusi radar ( $\Delta R$ ) dengan lebar pulsa ( $\tau$ ) dan *bandwidth* ( $\Delta f$ ) dinyatakan dalam Persamaan 1 berikut (**Puli Kishore Kumar; T. Kishore Kumar, 2012**):

$$\Delta R = \frac{c \cdot \tau}{2} = \frac{c}{2 \Delta f} \quad (1)$$

Sehingga untuk akurasi radar yang semakin baik, diperlukan lebar pulsa yang semakin sempit. Pada penelitian Mahfouz dkk., (**Mahfouz; dkk., 2005**), radar tembus tembok memiliki akurasi pada kisaran orde 10 cm.



Gambar 1. Blok diagram radar tembus tembok secara umum.

#### • Ultra Wide-Band (UWB)

Sampai saat ini, sejak tahun 2002, FCC di Amerika Serikat telah menyetujui

teknologi UWB untuk jangkauan komunikasi yang pendek. FCC telah mengamanatkan bahwa UWB dapat secara legal beroperasi di

kisaran 3,1 GHz hingga 10,6 GHz untuk aplikasi penelitian ilmiah, radar, komersil, dan lain-lain (**Federal Communications Commision, 2002**). Dari Persamaan 2, didapatkan hubungan antara lebar pulsa ( $\tau$ ) dengan *bandwidth* ( $\Delta f$ ), yakni berbanding terbalik.

$$\tau = \frac{1}{\Delta f} \quad (2)$$

Dengan diinginkannya lebar pulsa yang semakin sempit, *bandwidth* yang dibutuhkan untuk radar tembus tembok harus semakin lebar dan hal ini dapat terakomodir dengan diterapkannya UWB dalam penelitian ini.

• **Antena Vivaldi**

Antena Vivaldi merupakan salah satu jenis antena yang banyak digunakan untuk aplikasi radar (**A. R. Bayat; R. Mirzakhani, 2012**). Kelemahan pada antena mikrostrip yaitu *bandwidth*-nya yang sempit, bisa diatasi dengan menggunakan antena mikrostrip Vivaldi. Antena Vivaldi merupakan antena khusus dari Tapered Slot Antena (TSA) dengan bentuk eksponensial atau biasa dikenal dengan istilah Exponentialy Tapered Slot Antena (ETSA). Mekanisme utama pada antena Vivaldi adalah gelombang yang merambat pada ujung kelengkungan eksponensial pada lengan Vivaldi (**A. R. Bayat; R. Mirzakhani, 2012**). Hal tersebut menjadi keunikan tersendiri yang menyebabkan antena dapat beroperasi pada rentang frekuensi kerja yang luas.

✓ **Antena Vivaldi sirkular**

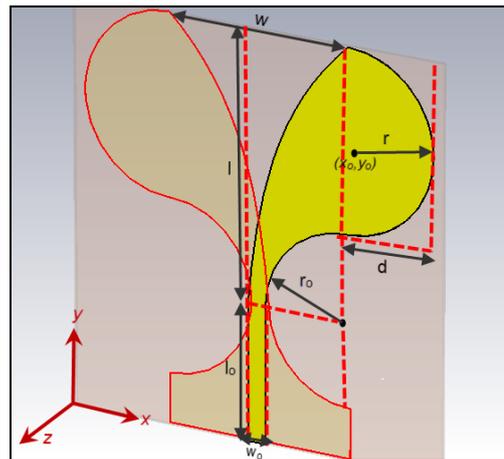
Berdasarkan Gambar 2, persamaan-persamaan kelengkungan eksponensial dari slot meruncing serta dimensi-dimensi antena didefinisikan sebagai berikut (**Jian Bai; dkk., 2011**):

$$x = \begin{cases} w_0 - 0,5w_0 e^{\alpha y}, & x < 0 \quad \text{sisi bawah} \\ -w_0 + 0,5w_0 e^{\alpha y}, & x \geq 0 \quad \text{sisi atas} \end{cases} \quad (3)$$

$$\alpha = \frac{1}{l} \ln\left(\frac{w_0 + 0,5w}{0,5w_0}\right) \quad (4)$$

$$r = \frac{\left[\frac{(l - r_0)^2}{4} + d^2\right]}{2d} \quad (5)$$

$$\begin{cases} x_0 = r_0 + d - r \\ y_0 = r_0 + \frac{(l - r_0)}{2} \end{cases} \quad (6)$$



Gambar 2. Parameter-parameter dimensi Antena Vivaldi Sirkular Antipodal.

Beban sirkular pada kedua lengan Vivaldi konvensional meningkatkan kemampuannya untuk radiasi di batas frekuensi bawah dari antena Vivaldi konvensional. Pada penelitian (**Jian Bai; dkk., 2011**), beban sirkular yang diberikan menyebabkan arah arus yang merambat diteruskan lebih jauh lagi sepanjang kurva dari beban sirkular. Akibatnya, antena kapabel memberikan *bandwidth* yang lebih lebar.

✓ **Antena Vivaldi antipodal**

Konfigurasi antipodal ialah konfigurasi kedua lengan Vivaldi yang saling berlawanan arah dan berada pada lapisan yang berbeda antara satu lengan dengan lengan lainnya (tidak sejajar). Konfigurasi ini ditujukan untuk mengatasi masalah pencatutan yang terdapat pada jenis konfigurasi coplanar. Sebuah lancipan yang melingkar dengan jari-jari  $r_0$  pada sisi groundplane digunakan untuk mencapai transisi dari mikrostrip menuju garis strip paralel (**Jian Bai; dkk., 2011**).

• **Teknik Pencatutan Microstrip-line**

Teknik pencatutan yang digunakan adalah teknik untuk mentransmisikan energi elektromagnetik ke antena mikrostrip. Penelitian ini menggunakan teknik pencatutan *microstrip line* karena lebih mudah saat fabrikasi dan antena Vivaldi dengan konfigurasi antipodal memang menggunakan teknik pencatutan ini (**Jian Bai; dkk., 2011**). Bila diketahui impedansi karakteristik ( $Z_0$ ) dan konstanta dielektrik ( $\epsilon_r$ ), dan tebal dielektrik ( $h$ ), maka lebar strip ( $w_0$ ), panjang saluran mikrostrip ( $l_0$ ) dapat dicari dengan persamaan berikut (**Pramono, 2011**):

$$w_s = \frac{2h}{\pi} \left[ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[ \ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right] \quad (7)$$

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \quad (8)$$

$$l_0 = 0,25\lambda_g \quad (9)$$

$$\lambda_g = \frac{c}{f \sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad (10)$$

## PERANCANGAN DAN SIMULASI

Perancangan sistem pada penelitian ini secara umum digambarkan dalam diagram alir pada Gambar 3.

### • Penentuan spesifikasi antenna

Radar tembus tembok memerlukan spesifikasi antenna khusus dalam implementasinya sebagai berikut:

#### 1. Bandwidth lebar

Rentang frekuensi kerja yang lebar dibutuhkan untuk mengejar akurasi radar. Akurasi radar yang semakin baik dipengaruhi oleh semakin mengecilnya *range resolution* radar. Menurut Persamaan 1 dan 2, semakin kecil *range resolution*, dibutuhkan durasi pulsa yang semakin pendek, di mana durasi sinyal pulsa berbanding terbalik dengan *bandwidth* pulsa. Sehingga dibutuhkan antenna dengan bandwidth lebar. Sehingga antenna UWB diperlukan dalam penelitian kali ini.

Dengan regulasi frekuensi UWB yang ditetapkan FCC selebar 3,1-10,6 GHz untuk penggunaan radar komersil, maka penelitian ini menggunakan rentang terlebarnya dari regulasi yang ada, yakni 3,1-10,6 GHz seperti pada penelitian (Ponto, 2014).

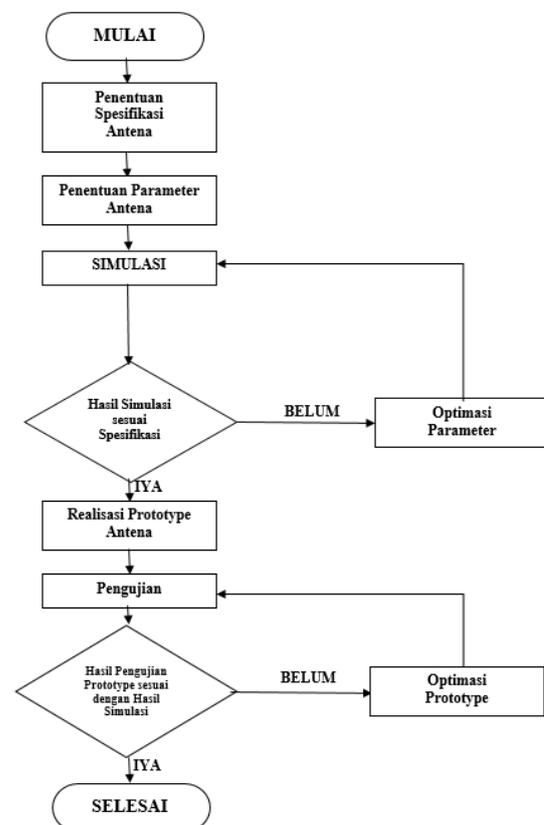
#### 2. Pola radiasi unidirectional

Pola radiasi *unidirectional* dibutuhkan untuk penerapan radar tembus tembok agar radar mendeteksi hanya objek-objek di satu arah tertentu, dalam hal ini di balik dinding. Pada penelitian (Hariyadi; dkk., 2011), antenna dengan pola radiasi *bidirectional* menyebabkan objek di belakang antenna terdeteksi, sehingga mempengaruhi penerimaan sinyal dan menurunkan kemampuan radar. Sehingga pola radiasi dari antenna untuk penelitian ini adalah *unidirectional*.

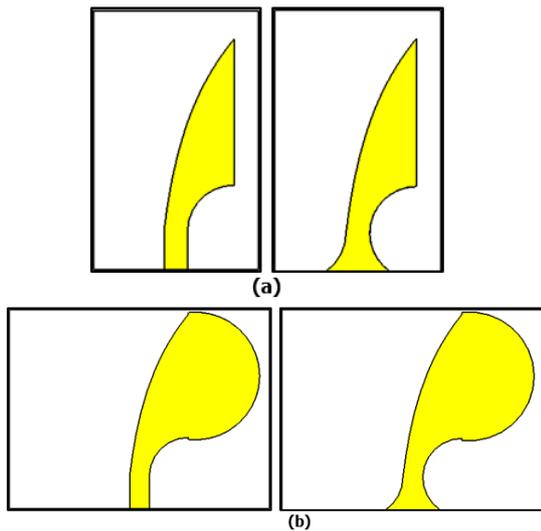
Berikut uraian spesifikasi antenna yang diinginkan berdasarkan penelitian (Ponto, 2014) pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi antenna untuk radar tembus tembok

Spesifikasi Antena	Nilai / Deskripsi
Frekuensi kerja	3,1 – 10,6 GHz
Bandwidth	7,5 GHz
Bahan antenna	Konduktor: Tembaga (t = 0,035 mm) Substrat: Rogers Duroid 5880 ( $\epsilon_r = 2,2$ dan h = 1,575 mm)
VSWR	$\leq 2$
Pola Radiasi	<i>Unidirectional</i>
Gain	$\geq 6$ dB



Gambar 3. Diagram alir perancangan dan realisasi antenna.



Gambar 4. Desain antenna tampak depan dan belakang: (a) Vivaldi konvensional; (b) dengan beban sirkular

Maka dipilihlah antenna mikrostrip dengan model *patch* Vivaldi Antipodal yang dapat mengakomodir *bandwidth* yang lebar, meskipun metode pencatumannya menggunakan *microstrip feedline* seperti pada Gambar 4. Pemberian beban berbentuk sirkular pada kedua lengannya diharapkan dapat menambah lagi *bandwidth* di frekuensi rendah.

#### • Perancangan antenna

Tahap pertama adalah dengan merancang antenna Vivaldi sirkular antipodal tanpa beban sirkular. Selanjutnya, dilakukan perancangan antenna dengan beban sirkular. Hal ini bertujuan agar mengetahui dampak dari pemberian beban sirkular pada antenna.

#### ✓ Perancangan antenna tanpa beban sirkular

Tabel 2 menunjukkan parameter dimensi awal perancangan antenna. Dimensi catuan diperoleh dengan perhitungan

menggunakan Persamaan 7, 8, 9, dan 10. Sedangkan parameter awal dimensi *patch* Vivaldi diperoleh dari penelitian (Jian Bai; dkk., 2011). Hasil *return loss* dan *gain* dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.

Berdasarkan hasil simulasi dari Gambar 5 dan Gambar 6, parameter-parameter antenna masih belum memenuhi spesifikasi awal yang diinginkan. Hasil *return loss* masih bernilai di atas -10 dB untuk rentang frekuensi

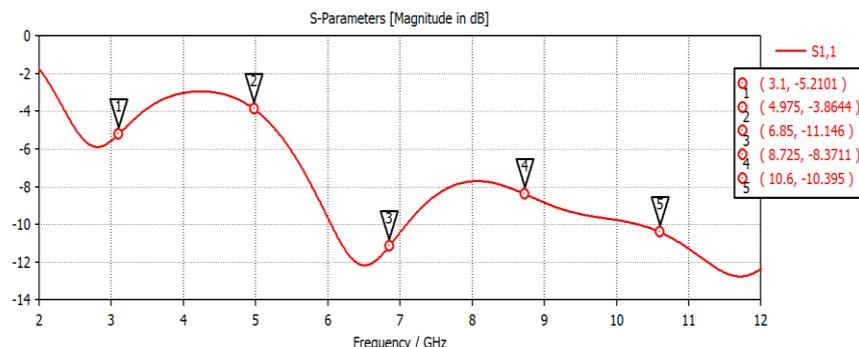
UWB dari 3,1 – 10,6 GHz.

Selanjutnya, hasil dari *gain* antenna secara umum belum bernilai di atas 6 dB untuk rentang frekuensi 3,1 – 10,6 GHz. Sehingga untuk memperbaiki *bandwidth*, dilakukan metode penambahan beban sirkular di kedua lengan Vivaldi antipodal.

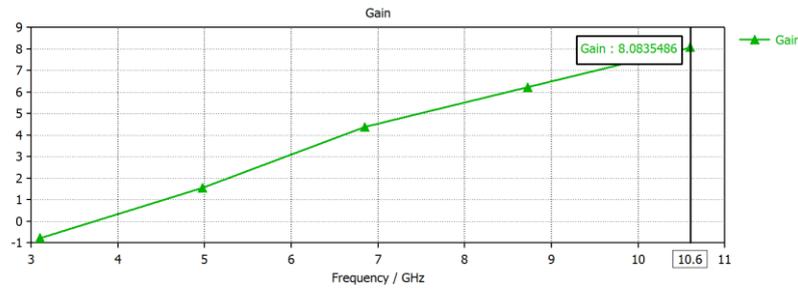
#### ✓ Perancangan antenna dengan beban sirkular

Tahap selanjutnya ialah merancang antenna Vivaldi antipodal dengan beban sirkular dan dengan dimensi seperti pada Tabel 2. Hasil *return loss* dan *gain* dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8.

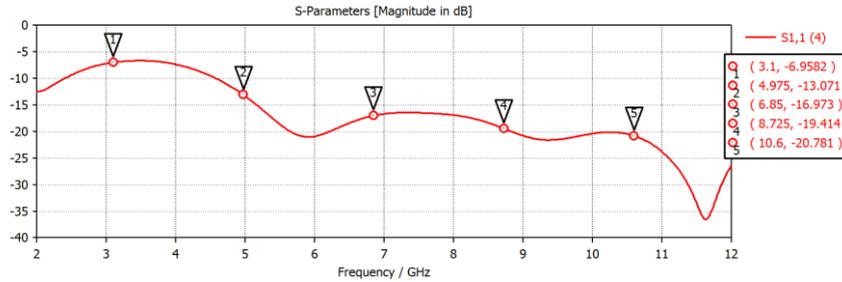
Hasil *return loss* pada Gambar 7 menunjukkan bahwa terjadi penambahan *bandwidth* antenna dibandingkan hasil *return loss* pada Gambar 5. Namun *bandwidth* spesifikasi yang diinginkan belum terpenuhi, sehingga dilakukan optimasi dimensi antenna. Hasil *return loss* dan *gain* antenna yang teroptimasi dapat dilihat pada Gambar 9 dan Gambar 10. Sedangkan perbandingan dimensi sebelum dan sesudah optimasi dapat dilihat pada Tabel 3.



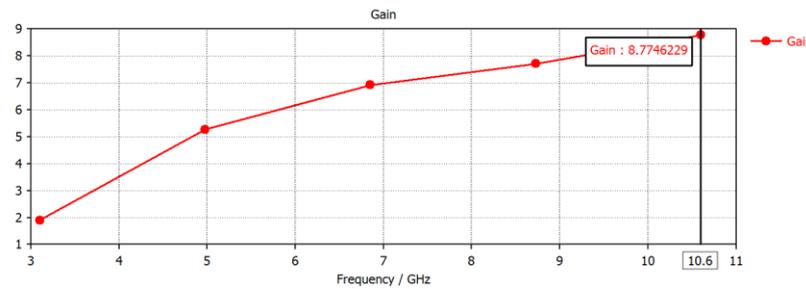
Gambar 5. *Return loss* antenna Vivaldi konvensional.



Gambar 6. Gain antenna Vivaldi konvensional.



Gambar 7. Return loss antenna Vivaldi dengan beban sirkular sebelum optimasi.



Gambar 8. Gain antenna Vivaldi dengan beban sirkular sebelum optimasi

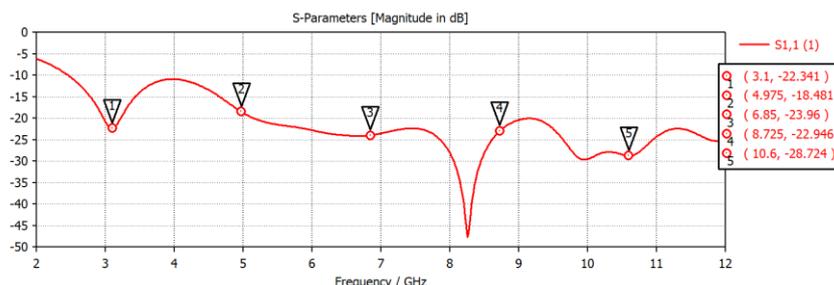
• **Realisasi antenna**

Setelah antenna dirancang menggunakan *software*, kemudian antenna dicetak ke papan Printed Circuit Board (PCB)

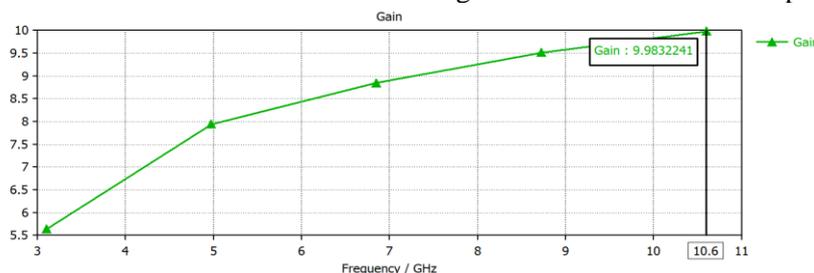
oleh jasa percetakan PCB dan diberi konektor agar antenna dapat dicatu. Bahan substrat yang digunakan adalah Duroid 5880 dari Rogers.

Tabel 2. Dimensi awal antenna.

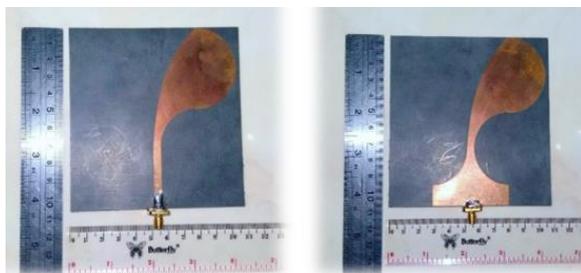
Dimensi	Nilai (mm)	Sumber inisiasi awal	Deskripsi
wo	4,86	Perhitungan matematis	Lebar catuan
lo	8,01	Perhitungan matematis	Panjang catuan
l	40	(Jian Bai; dkk., 2011)	Panjang slot taper
w	24	(Jian Bai; dkk., 2011)	Lebar slot taper
d	20	(Jian Bai; dkk., 2011)	Lebar beban sirkular



Gambar 9. Return loss antenna Vivaldi dengan beban sirkular setelah optimasi.



Gambar 10. Gain antenna Vivaldi dengan beban sirkular setelah optimasi.



Gambar 11. Realisasi antenna Vivaldi antipodal dengan beban sirkular

Tabel 3. Optimasi dimensi antenna

Dimensi Antena	Nilai	Nilai
	sebelum optimasi (mm)	setelah optimasi (mm)
Lebar catuan ( $w_0$ )	4,86	4,8
Panjang catuan ( $l_0$ )	8,01	35
Panjang slot taper ( $l$ )	40	70
Lebar slot taper ( $w$ )	24	50
Lebar beban sirkular (d)	20	28
Tebal substrat (h)	1,575	1,575
Tebal tembaga (tp)	0,035	0,035

**HASIL DAN ANALISIS**

Analisa hasil pengukuran parameter dalam antenna meliputi sinyal masukan, *return loss*, dan *bandwidth*. Sedangkan untuk pengukuran parameter luar antenna meliputi parameter pola radiasi dan *gain*.

Tujuan dari pengukuran antenna adalah menganalisa apakah hasil pengukuran sesuai dengan hasil simulasi. Kemudian, akan dilihat

apakah hasil pengukuran memenuhi spesifikasi untuk radar tembus tembok seperti dijelaskan pada bab sebelumnya.

- **Parameter dalam**
- ✓ **Sinyal pulsa pancar**

Analisa pertama terkait pulsa pancar ialah dari lebar pulsa. Pada penelitian (Mahfouz; dkk., 2005), radar tembus tembok membutuhkan akurasi lebih tinggi dalam pendeteksian objek sampai resolusi kisaran orde 10 cm. Dengan Persamaan 1, radar dengan resolusi pada orde 10 cm membutuhkan *bandwidth* 1,5 GHz. Radar dengan *bandwidth* lebih dari 1,5 GHz akan memiliki resolusi yang semakin kecil sehingga akurasi lebih tinggi lagi.

Pada Gambar 12 hasil simulasi antenna, sinyal pulsa yang masuk ke antenna memiliki durasi sekitar 0,191 ns dengan *bandwidth* pulsa 5,24 GHz. Sedangkan sinyal yang keluar dari antenna sekitar 2,09 ns dengan *bandwidth* pulsa 4,44 GHz. Artinya, sinyal yang dihasilkan antenna untuk berpropagasi di udara masih

layak untuk akurasi yang dibutuhkan untuk radar tembus tembok.

✓ **Return loss dan bandwidth**

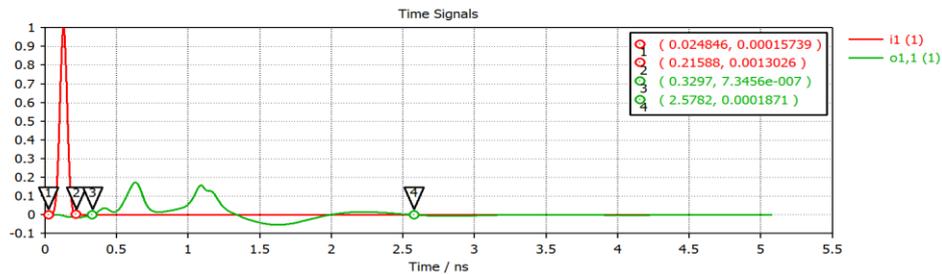
*Return loss* merupakan perbandingan daya yang dipantulkan kembali ke antena terhadap daya yang ditransmisikan, sedangkan *bandwidth* merupakan rentang frekuensi di mana antena dapat memancarkan dan menerima daya (Balanis, 2005).

Pertama, analisa dilakukan dengan membandingkan *return loss* hasil simulasi antara antena tanpa beban sirkular, dan dengan beban sirkular. Grafik perbandingan dapat dilihat pada Gambar 13.

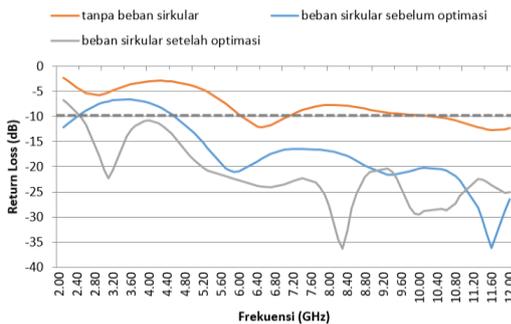
Antena dengan beban sirkular memiliki nilai *return loss* lebih rendah daripada antena tanpa beban sirkular sehingga *bandwidth* yang didapat semakin lebar. Sehingga terbukti bahwa penambahan beban

sirkular pada kedua sayap Vivaldi akan menambah *bandwidth*. Sedangkan grafik berwarna abu-abu di atas menunjukkan hasil optimasi dimensinya. Dari hasil optimasi, *bandwidth* yang didapat semakin lebar lagi dengan turunnya nilai *return loss* pada daerah frekuensi bawah.

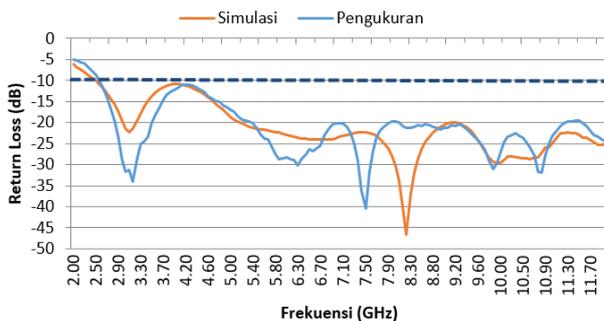
Gambar 14 menunjukkan hasil perbandingan *return loss* antara simulasi dengan pengukuran. Nilai *return loss* hasil simulasi bervariasi antara -22,34 dB hingga -28,72 dB, sedangkan pada hasil pengukuran, *return loss* bernilai antara -31,2 dB hingga -25,9 dB dalam rentang 3,1 – 10,6 GHz. *Return loss* pada frekuensi pengamatan 3,1 GHz menunjukkan bahwa hasil pengukuran memiliki nilai yang lebih rendah daripada hasil simulasi, sedangkan yang terjadi ialah sebaliknya pada keempat frekuensi lainnya.



Gambar 12. Perbandingan lebar pulsa sinyal masukan (merah) dengan sinyal keluaran (hijau) antena.



Gambar 13. Perbandingan *return loss* hasil simulasi.



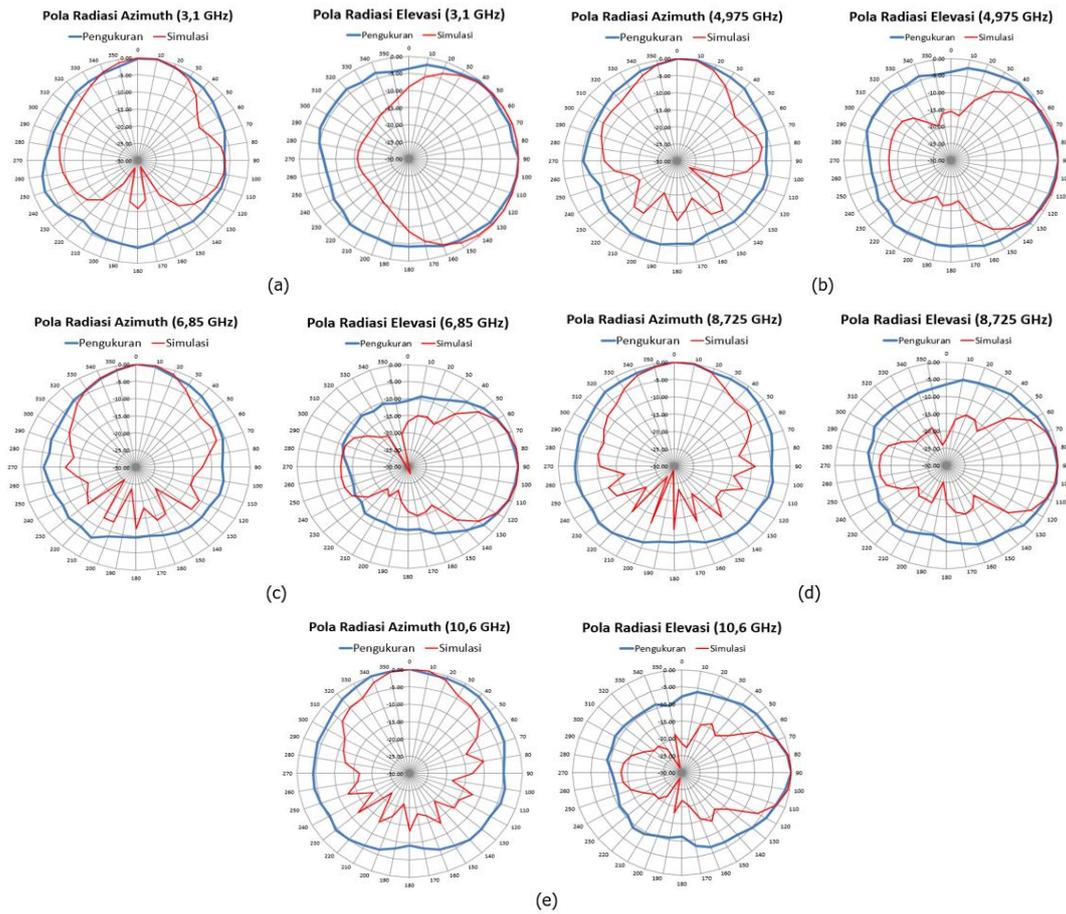
Gambar 14. Simulasi dan hasil pengukuran *return loss*

Namun dalam rentang frekuensi 3,1 – 10,6 GHz, nilai *return loss* masih bernilai di bawah -10 dB, baik hasil simulasi maupun pengukuran. Jika direlasikan dengan koefisien pantul antara saluran transmisi dengan antena, nilai dari koefisien pantul sendiri berada di bawah 0,316 yang menandakan lebih banyak gelombang yang diteruskan ke antena daripada dipantulkan kembali.

• **Parameter luar**

✓ **Pola radiasi**

Hasil dari pola radiasi antena pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 15. Pada pengujian lima titik frekuensi dari 3,1 – 10,6 GHz, pola radiasi antena yang diukur adalah *unidirectional*. Perbedaan antara hasil simulasi dengan realisasi terletak pada bentuk pola radiasi. Pada hasil pengukuran, bentuk dari pola radiasi tidak sefokus pola yang dihasilkan dari hasil simulasi. Artinya, pada hasil pengukuran, perbandingan radiasi antena antara satu arah tertentu dengan ke segala arah tidak lebih besar daripada radiasi antena hasil simulasi.



Gambar 15. Perbandingan pola radiasi hasil simulasi dengan pengukuran pada frekuensi: (a) 3,1 GHz; (b) 4,975 GHz; (c) 6,85 GHz; (d) 8,725 GHz; dan (e) 10,6 GHz

✓ **Gain**

*Gain* pada antenna merupakan perbandingan intensitas radiasi maksimum antara antenna (**Balanis, 2005**). Pada penelitian ini, pengukuran *gain* menggunakan metode dua antenna identik. Persamaan dari nilai *gain* antenna yang dipisahkan dengan jarak sebesar *R*, merupakan hasil penurunan dari Transmisi Friis sebagai berikut (**Balanis, 2005**):

$$Gain_{(dB)} = \frac{1}{2} [20 \log \frac{4\pi R}{\lambda} + 10 \log \frac{W_{Rx}}{W_{Tx}}] \quad (11)$$

Pada Tabel 4 terlihat bahwa terjadi perbedaan nilai *gain* antara hasil simulasi dengan pengukuran. *Gain* hasil pengukuran bernilai lebih kecil daripada hasil simulasi. Hal ini lumrah terjadi, di mana *gain* hasil pengukuran tidak lebih besar daripada hasil simulasi karena beberapa faktor pada pengukuran yang tidak ideal.

Tabel 4. Perbandingan *gain* hasil simulasi dengan pengukuran

Frekuensi	<i>Gain</i> Antena	
	Simulasi	Pengukuran
3,1 GHz	5,642 dB	4,565 dB
4,975 GHz	7,943 dB	6,944 dB
6,85 GHz	8,848 dB	7,437 dB
8,725 GHz	9,512 dB	8,261 dB
10,6 GHz	9,983 dB	8,975 dB

**KESIMPULAN DAN SARAN**

• **Kesimpulan**

Dari penelitian dengan judul “Antena Vivaldi Antipodal Sirkular UWB untuk Radar Tembus Tembok”, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Antena Vivaldi dengan konfigurasi antipodal dan beban sirkular yang dirancang dan direalisasikan telah sesuai spesifikasi frekuensi kerja, yakni 3,1 – 10,6 GHz untuk radar tembus tembok.
2. Pulsa pancar pada antenna pengirim akan mengalami pelebaran pulsa antara sinyal yang masuk dengan yang keluar dari antenna sekitar 2,09 ns, dan masih

memenuhi akurasi yang diperlukan untuk radar tembus tembok.

3. Pola radiasi antena yang dirancang pada frekuensi 3,1 – 10,6 GHz memiliki pola radiasi *unidirectional*.
4. Nilai *gain* realisasi antena pada rentang frekuensi 3,1 – 10,6 GHz adalah pada kisaran 4,656 – 8,975 dB, artinya masih sedikit di bawah spesifikasi yang diinginkan yakni 6 dB.
5. Antena mikrostrip dengan *patch* Vivaldi menyebabkan *bandwidth* antena lebar, sehingga cocok untuk aplikasi antena UWB.
6. Penambahan beban sirkular pada kedua lengan *patch* menyebabkan penambahan lebar *bandwidth* pada frekuensi bawah.

#### • Saran

Hasil *gain* antena yang dihasilkan pada penelitian ini belum memenuhi spesifikasi, baik dari hasil simulasi maupun pengukuran. Sehingga saran untuk menjadi pertimbangan pengembangan penelitian ini untuk meningkatkan nilai *gain* adalah sebagai berikut:

Aplikasi beberapa metode seperti antena disusun *array* atau penambahan slot pada beban sirkular agar mendapatkan *gain* antena yang lebih besar untuk aplikasi radar.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Rogers Corporation yang telah menyetujui pengajuan sampel bahan substrat 5880 Duroid secara gratis untuk menyelesaikan penelitian ini dengan lancar.

#### DAFTAR PUSTAKA

- I.J. Immoreev.(2002).*Main Capabilities and Features of Ultra Wideband (UWB) Radars*.Moscow: Radio Physics and Radio Astronomy vol.7 No. 4 pp. 339-344.
- Federal Communications Commission (FCC). (2002). First Report and Order in The Matter of Revision of Part 15 of the Commission's Rules Regarding Ultrawideband Transmission Systems, ET-Docket 98-153, FCC 02-48*
- Adino Ponto.(2014).*Perancangan dan Realisasi Antena Mikrostrip Ultra WideBand (UWB) Berbentuk Dual Elips untk Aplikasi Radar Tembus Tembok*. Bandung: Universitas

Telkom.

- Tommi Hariyadi; dkk. (2011).*Unidirectional Broadband Microstrip Antenna for Through Walls Radar Application*, Bandung: International Conference on Electrical Engineering and Informatics.
- Jian Bai; dkk. (2011). *Modified Compact Antipodal Vivaldi Antenna for 4-50 GHz UWB Application*. Newark: IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques vol.59 no.4.
- Aftanas Michal. (2009).*Through Wall Imaging with UWB Radar System*. Kosice: Technical University of Kosice.
- Puli Kishore Kumar; T. Kishore Kumar. (2012).*Ultra-wideband Impulse-based Radar Signals for Through-the-wall Imaging*. Warangal: Defence Science Journal vol. 62 no.3.
- Moh. Mahfouz, dkk.(2005).*See-Through-Wall Imaging using Ultra Wideband Pulse Systems*. Knoxville:34th Applied Imagery and Pattern Recognition Workshop (AIPR05).
- C. A. Balanis. (2005).*Antenna Theory: Analysis and Design Third Edition*. Canada: Wily-Interscience
- A. R. Bayat; R. Mirzakhani. (2012). *A Parametric Study and Design of the Balanced Antipodal Vivaldi Antenna (BAVA)*. Moscow: PIERS Proceedings.
- Sigit Pramono.(2011).*Rancang Bangun Linear Tapered Slot Antena dengan Pencatuan Microstrip Line untuk Aplikasi WRAN 802.22*. Jakarta: Universitas Indonesia.