

**Desain Antena Array Coplanar Vivaldi pada Frekuensi L, S dan C band**

**Radika Pratama Bagas Ananda**

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia

e-mail : [radika.18051@mhs.unesa.ac.id](mailto:radika.18051@mhs.unesa.ac.id)

**Nurhayati, Lusia Rakhmawati, Raden Roro Hapsari Peni Agustin Tjahanigtijas**

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia

e-mail : [nurhayati@unesa.ac.id](mailto:nurhayati@unesa.ac.id), [lusiarakhmawati@unesa.ac.id](mailto:lusiarakhmawati@unesa.ac.id), [hapsaripeni@unesa.ac.id](mailto:hapsaripeni@unesa.ac.id)

**Abstrak**

Antena *array* adalah antena yang terdiri dari lebih dari satu elemen, dalam upaya menerapkan modifikasi *array* penelitian ini menggunakan antena *Vivaldi*. Aplikasi antena *vivaldi* banyak digunakan dalam teknologi *Ground Penetrating Radar*, *Medical Imaging* seperti deteksi tumor otak dan kanker payudara. Penggabungan antena *vivaldi* dengan metode *array* memiliki kelebihan dapat menghasilkan *gain* yang lebih tinggi, dengan kelebihan *gain* yang lebih tinggi maka daya pancar antena penelitian ini bisa memfokuskan daya yang dipancarkan atau disebut pola radiasi. Desain antena yang dibuat ada tiga macam yaitu antena *Coplanar Vivaldi* elemen tunggal, antena *Coplanar Vivaldi* dengan 2 elemen dan 4 elemen *array* yang bekerja di frekuensi L, S dan C band. Dimensi *substrat* dari ketiga antena *array vivaldi* dibuat sama yaitu 500 mm x 227 mm x 1.635 mm dan di desain untuk bekerja di frekuensi 1-8 GHz dengan menggunakan bahan *copper* pada *patch* antena dengan tebal 0.035 mm, dan juga bahan FR-4 pada *substrat* dengan tebal 1.6 mm. Dengan dimensi ukuran *substrat* yang sama antena *array* dengan 4 elemen memiliki nilai *Gain* yang lebih tinggi dibandingkan dengan desain antena *array* 2 elemen dan 1 elemen. Dari hasil simulasi didapatkan untuk desain antena *array* 4 elemen memiliki *Gain* tertinggi 11.2 dB pada frekuensi 2 GHz dan 1 elemen memiliki *Gain* tertinggi 6.6. dB pada frekuensi 2 GHz. Dari hasil simulasi tersebut didapatkan bahwa untuk ukuran *substrat* yang sama, kinerja *return loss* terbaik diperoleh untuk elemen tunggal namun untuk parameter *Gain* tertinggi diperoleh untuk antena 4 elemen *array*.

**Kata Kunci:** Antena, Antena Array, *Coplanar Vivaldi*, *Gain*, L Band, C Band, S Band

**Abstract**

Antenna array is an antenna that consists of more than one element, in an effort to implement a modified array this research uses a Vivaldi antenna. Vivaldi antenna applications are widely used in Ground Penetrating Radar technology, Medical Imaging such as detection of brain tumors and breast cancer. Combining the vivaldi antenna with the array method has the advantage of being able to produce a higher gain, with a higher gain, the transmit power of this research antenna can focus the emitted power or called the radiation pattern. There are three types of antenna designs, namely single-element Coplanar Vivaldi antennas, Coplanar Vivaldi antennas with 2 elements and 4 array elements that work in the L, S and C band frequencies. The substrate dimensions of the three vivaldi array antennas are made the same, namely 500 mm x 227 mm x 1.635 mm and are designed to work in the 1-8 GHz frequency by using copper material on the antenna patch with a thickness of 0.035 mm, and also FR-4 material on the substrate with a thickness of 0.035 mm. 1.6mm thick. With the same substrate size dimensions, an antenna array with 4 elements has a higher gain value than the antenna array design with 2 elements and 1 element. From the simulation results obtained for the antenna array design 4 elements have the highest gain of 11.2 dB at a frequency of 2 GHz and 1 element has the highest gain of 6.6. dB at a frequency of 2 GHz. From the simulation results, it is found that for the same substrate size, the best return loss performance is obtained for a single element but for the highest Gain parameter, it is obtained for a 4 element array antenna.

**Keywords:** Antena, Array Antena, *Coplanar Vivaldi*, *Gain*, L Band, C Band, S Band

## PENDAHULUAN

Variasi desain antenna memiliki banyak pengaplikasian dalam kehidupan, tidak hanya digunakan dalam bidang komunikasi atau telekomunikasi, pengaplikasian antenna *Vivaldi* juga banyak digunakan pada penelitian dan aplikasi *Ground Penetrating Radar*. Teknologi tersebut adalah salah satu teknologi penting dan sedang sering diteliti untuk deteksi dan pengenalan struktur bawah tanah dan juga untuk menemukan objek di dalam tanah (Shuhaib dkk., 2018). Pada penelitian sebelumnya *Ground Penetrating Radar* menggunakan rentang frekuensi dari 500 MHz sampai 1 GHz yang dapat mendeteksi hanya pada kedalaman 10 cm tanah kering (Rusli dkk., 2017) dengan menambahkan *bandwidth* yang digunakan pada antenna, maka *Ground Penetrating Radar (GPR)* akan dapat mendeteksi objek lebih dalam dibandingkan dengan *Ground Penetrating Radar (GPR)* yang bekerja pada rentang frekuensi rendah (Elsheakh dan Abdallah, 2014). Cara kerja dari *Ground Penetrating Radar (GPR)* sama dengan radar konvensional pada umumnya dengan mengirim pulsa sinyal ke dalam tanah hingga sampai ke objek yang akan memantulkan kembali sinyal dan diterima oleh antenna penerima (Rusli dkk., 2017).

Desain antenna *Vivaldi* adalah salah satu yang baik untuk melakukan beberapa variasi demi menghasilkan *bandwidth* yang lebar dan juga *gain* yang tinggi dalam modifikasi *array*. Desain dari Antena *Vivaldi* sendiri banyak dibahas dalam bidang *Ground Penetrating Radar*, deteksi kanker dan tumor payudara dan komunikasi dalam rentang frekuensi *Ultra Wide Band* (Islam dkk., 2019). Antena *Vivaldi* terdiri dari: antenna slot meruncing, beroperasi sebagai media pengiriman gelombang elektromagnetik yang memiliki impedansi dan pola yang sangat lebar, bahan yang digunakan pada umumnya adalah *copper* dan juga *rogers* (Jiawen Sun dkk., 2015). Pengoptimalisasi dari desain antenna *vivaldi* bisa dengan mengubah panjang antenna, jumlah antenna, dan lebar jarak antar antenna. Perubahan-perubahan parameter tersebut dapat menggeser frekuensi dan kinerja antenna secara signifikan. Dengan menggunakan modifikasi *array* pada desain antenna *vivaldi* diharapkan hasil pada kinerja antenna mendapatkan *Gain* yang lebih tinggi (Rusli dkk., 2017).

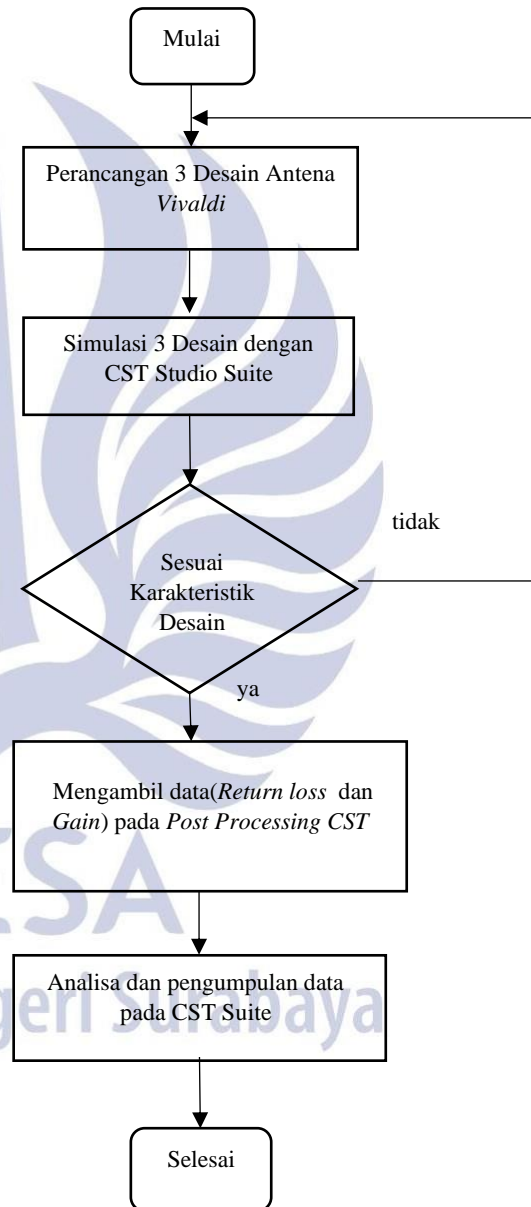
Fokus artikel ini adalah untuk menghasilkan desain antenna *array coplanar Vivaldi* yaitu elemen tunggal, antenna coplanar *Vivaldi* 2 elemen *array* dan 4 elemen *array* yang bekerja di frekuensi S dan C band yang di desain dengan menggunakan ukuran *substrat* yang sama dengan

bahan FR-4 untuk mengetahui perbandingan kinerja *return loss* dan *gain* antenna.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menentukan variasi desain dari antenna *vivaldi* 1 elemen dengan antenna *vivaldi* 2 elemen dan 4 elemen, lalu membandingkan hasil simulasi antenna.

### Rancangan Penelitian

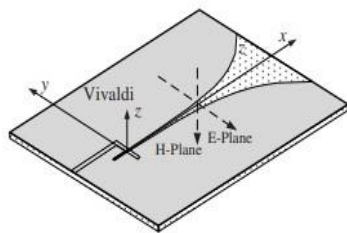


Gambar 1. Diagram alir penelitian.

Gambar 1 merupakan rancangan penelitian dari desain antenna *array coplanar Vivaldi* pada frekuensi S dan C band. Berdasarkan pada Gambar 1 diatas, penyusunan penelitian dimulai

dengan melakukan studi literatur seperti jurnal, dan *ebook*. Lalu dilanjutkan dengan mulai mendesain antena *vivaldi* konvensional tanpa improvisasi atau modifikasi apapun dapat disebut dengan antena 1 elemen. Setelah itu melakukan modifikasi desain dengan menambahkan beberapa elemen antena sehingga menjadi 2 elemen dan 4 elemen, walaupun menambahkan jumlah elemen namun tetap dengan menggunakan dimensi *substrat* yang sama. Selanjutnya melakukan simulasi keseluruhan desain jika desain awal sudah sesuai dengan standar dan juga kriteria yang diinginkan maka bisa dilanjutkan dengan pengambilan data dan analisa hasil simulasi, jika hasil simulasi tidak sesuai maka akan dilakukan desain ulang sehingga mendapatkan desain dan hasil simulasi yang diinginkan.

**KAJIAN TEORI**  
**Desain Antena Vivaldi**



Gambar 2. Desain Antena vivaldi konvensional

Antena *Vivaldi* pertama kali di umumkan pada tahun 1979 oleh Gibson (Pramono dkk., 2018). Desain dasar dari antena *vivaldi* biasa disebut dengan *Tapered Slot Antenna* (TSA) (Constantine, 2016), yang dapat dilihat pada Gambar 2.

Desain antena *vivaldi* konvensional sendiri memiliki tiga variasi yaitu, *vivaldi coplanar antena*, *vivaldi antena*, dan *vivaldi balanced antenna* (Nurhayati, N. dkk., 2019). Desain konvensional dari *vivaldi* sendiri memiliki *slot taper* meruncing. *Slot taper* yang melebar secara eksponensial dari antena *vivaldi* mempengaruhi hasil simulasi *return loss* antena (Shukla, 2013). Dapat dilihat pada Gambar 2 bahwa desain dari antena *vivaldi* terdapat slot yang dipotong dalam patch tipis yang didukung oleh lapisan *substrat* (Constantine, 2016).

*Slot taper* atau kurva meruncing disebutkan dalam persamaan 1.

$$Y = C_1 e^{Rx} + C_2 \tag{1}$$

Dimana,

$$C_1 = \frac{(y_2 - y_1)}{[e^{Rx_2} - e^{Rx_1}]} \tag{2}$$

$$C_2 = \frac{(y_1 e^{Rx_2} - y_2 e^{Rx_1})}{[e^{Rx_2} - e^{Rx_1}]} \tag{3}$$

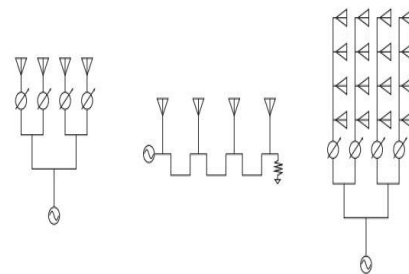
R = Keruncingan antena

(x1,y1) adalah koordinat awal keruncingan antena

(x2,y2) adalah koordinat akhir keruncingan antena

**Antena Arrays**

Antena *Array* merupakan penggandaan 1 elemen antena menjadi beberapa elemen antena yang hanya memiliki 1 *feeding* antena (Constantine, 2016). Desain dari antena *Array* dapat di lihat pada Gambar 3. Modifikasi *array* adalah menggandakan suatu elemen antena tunggal dalam satu *feeding* yang bercabang sejumlah dengan elemen antena yang diaplikasikan (Constantine, 2016).



Gambar 3. Desain *feeding* antena *array* (Constantine, 2016).

**Bandwidth**

*Bandwidth* antena didefinisikan sebagai rentang frekuensi kinerja antena yang memiliki korelasi dengan standar yang ditentukan (Constantine, 2016). *Bandwidth* antena dibagi menjadi dua jenis yaitu:

- a) Antena *Broadband* (frekuensi lebar), dinyatakan sebagai rasio dari maksimal frekuensi dan juga frekuensi paling rendah yang di terima oleh antena.
- b) Antena *Narrowband* (frekuensi sempit), dinyatakan sebagai presentasi dari perbedaan frekuensi.

**Gain Antenna**

Gain antenna didefinisikan sebagai metode membandingkan intensitas dalam arah tertentu dengan intensitas radiasi yang didapatkan secara isotropik dari daya antenna (Constantine, 2016). Berikut adalah persamaan dalam merumuskan gain :

$$Gain = 4\pi \frac{\text{intensitas radiasi}}{\text{total input daya yang di dapat}} \quad (4)$$

Dimana :  $U(\theta, \Phi)$  = intensitas radiasi  
 $P_{in}$  = total daya yang diterima

**Return loss**

Return loss adalah salah satu parameter yang berfungsi dalam menentukan rasio perbandingan amplitudo gelombang pantul terhadap amplitudo yang ditransmisikan. Parameter ini juga digunakan untuk dapat memonitor hilang-hilang daya yang dihasilkan oleh antenna (Constantine, 2016). Return loss jug bisa dirumuskan sebagai berikut :

$$RL = 20 \log_s|\Gamma|dB \quad (5)$$

Dimana :  
 $RL$  = Return loss  
 $\Gamma$  = koefisien refleksi

**Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)**

Parameter VSWR bertujuan membandingkan amplitudo gelombang minimum dengan amplitudo gelombang maksimum. Pada saluran transmisi elektromagnetik antenna terdapat dua jenis tegangan gelombang yaitu tegangan pancar dengan lambang (V0+) dan tegangan pantul (V0-) (Constantine, 2016). Perbandingan dari tegangan pantul dengan tegangan pancar disebut dengan koefisien tegangan refleksi , persamaan perbandingan tegangan refleksi dapat dilihat pada persamaan 6 ( Constantine, 2016). :

$$\Gamma = \frac{V_0^-}{V_0^+} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad (6)$$

Dengan  $Z_L$  adalah impedansi beban dan  $Z_0$  adalah impedansi saluran. Lalu persamaan untuk menentukan nilai dari VSWR adalah sebagai berikut :

$$VSWR = \frac{|V|_{max}}{|V|_{min}} = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \quad (7)$$

Dimana :  
 $|V|_{max}$  = Tegangan Gelombang maksimum  
 $|V|_{min}$  = Tegangan Gelombang minimum  
 $\Gamma$  = Koefisien refleksi tegangan

**Hasil dan Pembahasan**

**Desain Antena**

Penelitian antenna *array coplanar vivaldi* pada frekuensi L, S, dan C band yang menggunakan bahan FR-4 sebagai substrat dengan tebal 1.6 mm, lalu bahan *copper* dengan tebal 0.035 mm yang diterapkan pada 3 model modifikasi desain antenna. Berikut karakteristik antenna yang digunakan pada penelitian ini yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Desain Antena

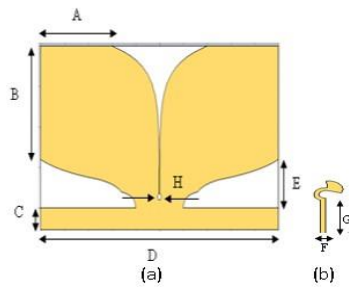
Parameter	Nilai
Substrat	1.6 mm
Frekuensi	2-8GHz
Return loss	± 10 dB
VSWR	≤ 2
Gain	≥ 2.5 dB
Konstanta dielektrik	4,3

Terdapat 3 desain antenna yang akan dibahas dalam penelitian ini, yang pertama ada desain antenna *vivaldi* 1 elemen, antenna *array coplanar vivaldi* 2 elemen, antenna *array coplanar vivaldi* 4 elemen. Ketiga antenna ini menggunakan bahan yang sama yaitu FR-4 yang memiliki konstanta dielektrik senilai 4,3 lalu untuk ukuran yang digunakan diantara 3 antenna ini memiliki dimensi yang sama yakni 500 mm x 227 mm x 1.635 mm dan menggunakan *patch* antenna dengan bahan *copper* dengan tebal 0.035 mm.

Desain antenna *vivaldi* 1 elemen dapat di lihat pada Gambar 3. Untuk desain pertama menghasilkan nilai *return loss* sebesar -41 dB pada frekuensi 3.3 GHz. Untuk dimensi antenna *vivaldi* 1 elemen dapat dilihat pada Tabel 2

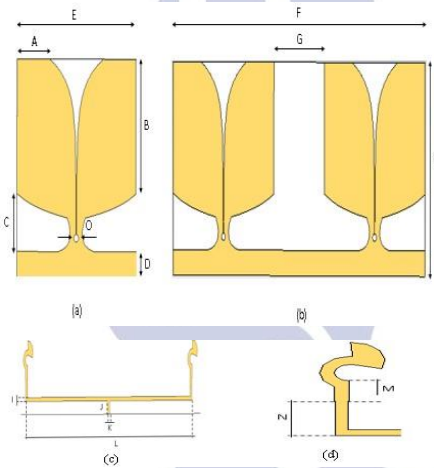
Tabel 2. Dimensi antenna *vivaldi* 1 elemen

Simbol	Dimensi
A	150
B	140
C	27
D	500
E	60
F	3
G	37
H	3



Gambar 4. Desain antena vivaldi 1 elemen :  
(a) Dimensi antena, (b) Dimensi feeding antena

Untuk mendapatkan nilai yang optimal pada rentang frekuensi L, S dan C band maka ditambahkan elemen antena vivaldi 2 elemen yang di modifikasi array yang dapat ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Desain antena Array

Coplanar Vivaldi 2 elemen : (a) dimensi antena vivaldi, (b) dimensi antena array 1x2, (c) tampak belakang antena array, (d) dimensi feeding antena.

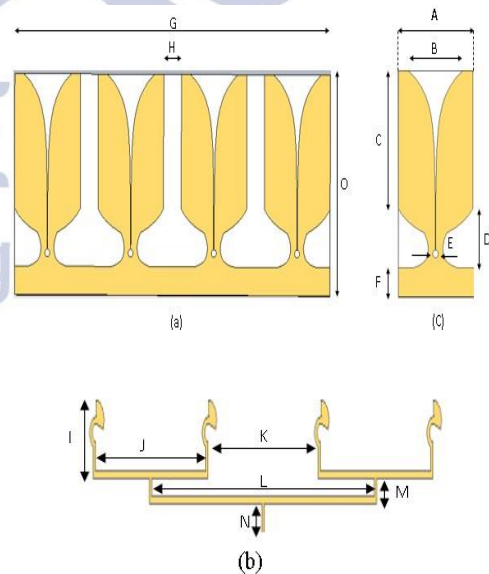
Kinerja dari antena array coplanar Vivaldi dalam rentang frekuensi L, S dan C band ditentukan dari desain antena yang meliputi spesifikasi yang dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah dengan menggunakan satuan mm. Dengan menggunakan FR-4 sebagai substrat yang memiliki nilai konstanta dielektrik sebesar 4,3 dan ketebalan 1.6 mm, lalu pada bagian patch antena menggunakan bahan copper dengan ketebalan 0.035mm. Pada bagian belakang antena terdapat feeding yang dapat di lihat pada Gambar 5 (c) dan (d), dan keseluruhan desain antena bisa di lihat pada Gambar 5. Lalu untuk ukuran dari desain antena array coplanar vivaldi 2 elemen dalam satuan milimeter dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Dimensi antena vivaldi 2 elemen

Simbol	Dimensi
A	55
B	140
C	60
D	27
E	200
F	500
G	100
H	227
I	3
J	10
K	2
L	151.5
M	10
N	17
O	3

Untuk meningkatkan Gain maka dari desain 2 elemen antena vivaldi ditambahkan jumlah antena menjadi 4 dalam satu substrat yang memiliki dimensi yang sama dan penambahan cabang feeding pada bagian belakang substrat. Untuk dimensi dari desain array 1x4 dapat dilihat pada Tabel 4.

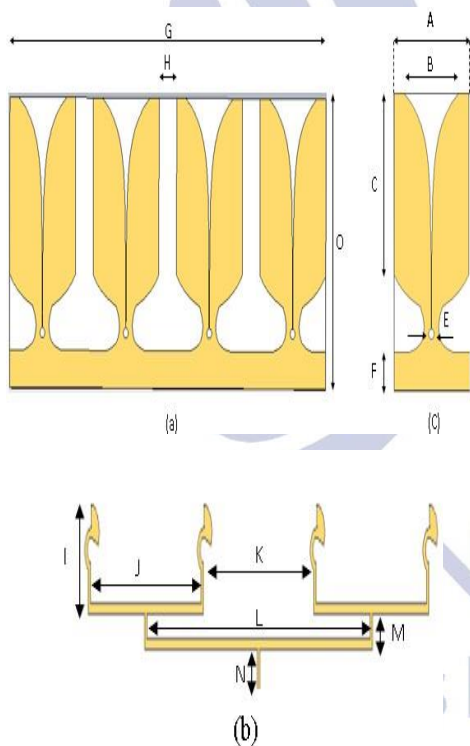
Dengan menggunakan modifikasi array pada substrat yang sama, ketebalan substrat dan patch antena yang sama. Untuk desain antena vivaldi 4 elemen dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Antena Array coplanar Vivaldi

Tabel 4. Dimensi antenna Vivaldi 4 elemen

Simbol	Nilai
A	104
B	75
C	140
D	60
E	3
F	29.5
G	500
H	28
I	34.6
J	129
K	129
L	261
M	11
N	13
O	227

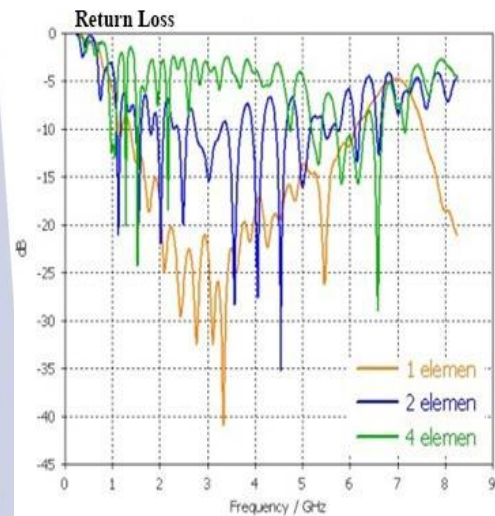


Gambar 6. Antena Array coplanar Vivaldi

- 4 elemen : (a) Desain antenna tunggal,
- (b) Desain feeding antenna array 4 elemen,
- (c) Desain Antena 4 elemen.

**Return Loss**

Return loss adalah salah satu parameter yang berfungsi dalam menentukan rasio perbandingan amplitudo gelombang pantul terhadap amplitudo yang ditransmisikan. Pada perbandingan parameter return loss terdapat 3 kurva perbandingan yakni desain 1 elemen yang di Gambarkan dengan kurva berwarna jingga, lalu desain antenna 2 elemen yang di Gambarkan oleh kurva berwarna biru, dan desain terakhir yakni 4 elemen yang di Gambarkan dengan kurva berwarna hijau. Perbandingan tersebut dapat dilihat pada Gambar 7.

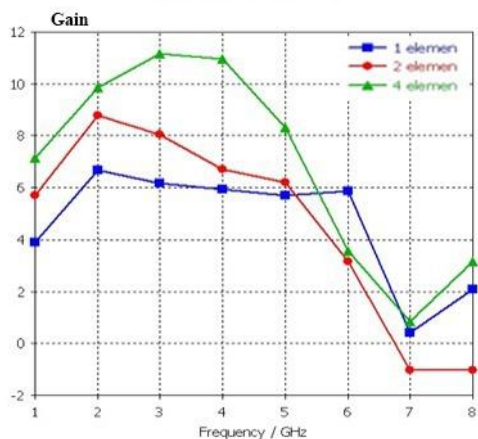


Gambar 7. Perbandingan Return loss dari antenna Array coplanar vivaldi 1 elemen, 2 elemen, dan 4 elemen

Perbandingan parameter return loss pada desain antenna 1 elemen memiliki nilai paling rendah diantara 3 desain dalam penelitian ini dengan memiliki nilai terendah pada frekuensi 3.3 GHz -41 dB, untuk antenna 2 elemen memiliki nilai paling rendah pada frekuensi 4.546 GHz dengan return loss sebesar -35.19 dB dan nilai return loss paling tinggi pada frekuensi 0.25 Ghz dengan nilai -0.155. Penurunan performa antenna terjadi pada desain 4 elemen dengan nilai paling kecil berada pada frekuensi 6.58 GHz dengan nilai return loss sebesar -28.98 dB, lalu nilai paling tinggi berada pada frekuensi 0.25 GHz sebesar -0.27dB.

**Gain**

Gain antena didefinisikan sebagai metode membandingkan intensitas dalam arah tertentu dengan intensitas radiasi yang didapatkan secara isotropik dari daya antena. perbandingan dari ke-3 desain antena memiliki nilai yang signifikan berbeda walaupun dengan dimensi *substrat* yang sama, dimana pada setiap penambahan elemen antena mengalami peningkatan *gain*, perbandingan tersebut dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Perbandingan Gain Antena Array coplanar vivaldi 1 elemen, 2 elemen, dan 4 elemen

Bisa kita lihat pada Gambar 8 diatas terdapat perbedaan hasil simulasi dalam parameter *gain*, dimana kurva berwarna biru menunjukkan hasil simulasi untuk desain antena 1 elemen, lalu kurva merah menunjukkan hasil simulasi untuk 2 elemen antena, dan terakhir kurva hijau menunjukkan hasil simulasi parameter *gain* untuk 4 elemen antena. Pada desain antena 1 elemen memiliki *gain* tertinggi pada frekuensi 2 GHz dengan nilai 6.6 dB, lalu pada desain antena 2 elemen *gain* yang tertinggi berada pada frekuensi 2 GHz dengan nilai 8.7 dB dan *gain* terendah berada pada frekuensi 7 GHz dan 8 GHz dengan nilai -1 dB. Peningkatan *Gain* terjadi pada desain antena 4 elemen dengan *Gain* tertinggi pada frekuensi 3 GHz dengan nilai 11.2 dB dan nilai terendah pada frekuensi 7 GHz dengan nilai 0.85 dB, namun *gain* kembali meningkat pada frekuensi 8 dengan nilai 3.2 dB. Lalu ketika membandingkan ketiga desain antena penelitian sebelumnya yang memiliki 7 (Han.Xu dkk., 2012) & 8 elemen array (Yukhanov dkk., 2012), desain antena dengan 4 elemen array pada penelitian ini memiliki keunggulan nilai *Gain* yang lebih tinggi. dapat di simpulkan sebagai berikut yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Dimensi Antena dan kinerja Antena

Desain antena	Ukuran Substrat (mm)	Return loss terendah	Gain Antena terbaik
1 Elemen	500 × 227 × 1.635	-41 dB (3.3 GHz)	6.6dB (2 GHz)
2 Elemen	500 × 227 × 1.635	-35.19 dB (4.54 GHz)	8.7 dB (2 GHz)
4 Elemen	500 × 227 × 1.635	-28.98 dB (6.58 GHz)	11.2 dB (3 GHz)
7 elemen (Han.Xu dkk., 2012)	202 × 297 × 217	-	10.9 dB (1.7 GHz)
8 elemen (Yukhanov dkk., 2012)	176 × 639 × 1	-	8 dB (10.5 GHz)

**PENUTUP**

**Simpulan**

Dari hasil simulasi dan mengambil data dari parameter *return loss* dan juga *gain* antena. Dengan menggunakan dimensi dari *substrat* yang sama perbedaan dari ketiga desain memiliki keunggulannya masing-masing, dimana semakin banyak elemen antena, maka nilai *Gain* yang meningkat namun nilai dari parameter *return loss* akan menurun. Simulasi ketiga desain antena menghasilkan kinerja antena yang berbeda pada parameter *return loss* antena 1 elemen lebih baik dikarenakan memiliki nilai paling rendah yaitu 41dB pada frekuensi 3.3 GHz dan secara keseluruhan kurva parameter desain 1 elemen mendapatkan lebih banyak frekuensi yang memiliki nilai dibawah -10 dB, berbeda dengan desain antena 4 elemen pada parameter *return loss* memiliki nilai lebih rendah dibandingkan dengan antena 2 elemen dan 1 elemen dengan nilai terendah pada frekuensi 6.58 GHz memiliki nilai 28.98 dB, lalu pada 2 parameter lain dari antena 4 memiliki keunggulan, pada parameter *Gain* menghasilkan nilai terendah 0.85 GHz pada frekuensi 7 GHz dan tertinggi pada frekuensi 3 GHz dengan nilai 11.2 dB.

## SARAN

Berdasarkan pada kesimpulan di atas maka saran yang diberikan pada penelitian ini untuk mengembangkan desain antena *array coplanar vivaldi* untuk aplikasi *Ground Penetrating Radar* pada frekuensi L, S dan C band dengan menambahkan jumlah antena dan mengubah lebar tiap *patch* antena dan juga jarak tiap antena di model modifikasi *array* untuk hasil yang lebih maksimal untuk perbandingan *return loss*, pola radiasi dan juga mendapatkan *Gain* yang lebih tinggi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan karya tulis artikel ini. Penulisan karya tulis artikel ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar strata satu Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya.

Saya menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak dosen dan orangtua, cukup sulit bagi saya untuk menyelesaikan karya tulis ilmiah ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Constantine A. Balanis. 2016. "Antena Theory Analysis and Design Fourth Edition". New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Elsheakh M Dalia dan Abdallah A Esmat. 2014. *Compact Shape Of Vivaldi Antenna For Water Detection Using Ground Penetrating Radar*. Jurnal Microwave And Optical Technology Letters. Vol. 56, No. 8. Hal. 1801-1809.
- Islam.M.T, Mahmud.M.Z, Tarikul Islam.M, Kibria.S, dan Samsuzzaman.M. 2019. *A Low Cost and Portable Microwave Imaging System for Breast Tumor Detection Using UWB Directional Antenna Array*. Jurnal Scientific Reports Nature Search. Vol. 9, No. 1, Hal. 1-13
- Han.Xu, Juan.Lei, Baiquan.Ning, dan Lin.Yang. 2012. *Simulation for UWB Dual-Polarized Infinite Vivaldi Arrays*. Jurnal IEEE.
- Memon.S.S, Jamali.A.A, Anjum.M.R, Memon .M.M, dan Qadri.S.F. 2017. *Vivaldi Antenna for Ground Penetrating Radar Applications*. Sindh University Research Journal -Science Series. Vol. 50, No. 001. Hal. 08-11. 10.26692/surj/2018.01.0002.
- Nurhayati, De.Oliveira.M.Alexandre, Justo.F.Joao, Setijadi.Eko, Sukoco.E.Bagus, dan Endryansyah. 2019. "Palm tree coplanar Vivaldi antena for near field radar application". Microwave and Optical Technology Letters. Vol. 62. Hal 1-2.
- Pramono.Subuh, Basuki.Budi, dan Hariyadi.Tommi. 2018. *Modified Ultra Wideband Antipodal Vivaldi Antenna*. International Journal of Electrical and Computer Engineering. Vol. 8, No. 5. Hal. 3067-3075.
- Rusli, Hasanuddin Basri Zulfajri, Baharuddin Merna. 2017. *Desain Antena Mikrostrip Untuk Aplikasi Ground Penetrating Radar (GPR)*. Jurnal Universitas Musamus.
- Shukla.Saurabh, Upadhyay.Naveen, Sharma.Sandhya, dan Hemrajani.Naveen. 2013. *C-Band Vivaldi Antenna and Its Array*. Asian Journal of Engineering and Applied Technology. Vol. 2, No. 1. Hal. 28-35.
- Sun.Jiawen, Du.Liuge, dan Jiang.Wanshun. *Design Of Ultra-Wideband Antipodal Vivaldi Antenna for Target RCS Imaging*. 2015. Jurnal IEEE. Hal. 1-3.
- Yukhanov.V.Yury, Semenikhim.I.Andrey, Privalova.Y.Tatiana, dan Semenikhina.V.Diana. 2012. *Wideband Radiators of Scanning Antenna Array*. Jurnal IEEE.