

Peningkatan *Directivity* Antena MIMO Vivaldi Coplanar Dengan *Corrugated Slot* Untuk Aplikasi Ultra-Wideband (UWB)

Bahrul Anugrah Mukti

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : bahrul.18045@mhs.unesa.ac.id

Nurhayati, Lusia Rakhmawati, Raden Roro Hapsari Peni Agustin Tjahyanigtjas

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : nurhayati@unesa.ac.id, lusiarakhmawati@unesa.ac.id, hapsaripeni@unesa.ac.id

Abstrak

Teknologi komunikasi khususnya teknologi antena dengan *bandwidth* lebar (*Ultra Wide Band/UWB*) terus berkembang baik di bidang telekomunikasi radio dan radar. Artikel ini bertujuan membahas Peningkatan *directivity* antenna MIMO Coplanar Vivaldi dengan design *corrugated slot* untuk frekuensi *Ultra-Wideband* Yaitu 3.1-10.6 Ghz. Bentuk *Patch* Vivaldi dipilih karena memiliki kelebihan dengan memberikan *bandwidth* yang lebar. Dengan memberikan struktur *Corrugated slot* dan penyusunan antena *Multiple Input Multiple Output* (MIMO) maka *directivity* antena dapat di tingkatkan. Antena Vivaldi ini memiliki dimensi 120mm x 120mm x 1,6 mm, difabrikasi menggunakan bahan FR-4 yang memiliki konstanta dielektrik (ϵ_r) = 4.3. Hasil dari simulasi antena MIMO Vivaldi UWB dengan *corrugated slot* menunjukkan bahwa antena tersebut dapat bekerja pada frekuensi UWB dari 2,31 GHz hingga 10,78 Ghz. Nilai *gain* tertinggi dihasilkan pada frekuensi 4 GHz sebesar 10 dBi dengan polarisasi *directional*. Dengan memberikan struktur *corrugated* pada elemen antena Coplanar Vivaldi dapat meningkatkan *directivity* sebesar 1,7 dBi di frekuensi 4 GHz. Dengan menyusun antena menjadi MIMO 1x4 secara *H-Plane* dapat meningkatkan *directivity* sebesar 7,5 dBi.

Kata kunci: Antena, UWB, Vivaldi, *Corrugated*, MIMO, *directivity*

Abstract

Communication technology, especially antenna technology with a wide bandwidth (*Ultra Wide Band/UWB*) continues to develop in both radio and radar telecommunications. This article aims to discuss the increase in the *directivity* of the Vivaldi Coplanar MIMO antenna with a *corrugated slot* design for *Ultra-Wideband* frequencies, namely 3.1-10.6 Ghz. The Vivaldi Patch form was chosen because it has the advantage of providing a wide bandwidth. By providing a *Corrugated slot* structure and the arrangement of *Multiple Input Multiple Output* (MIMO) antennas, which the *directivity* of the antenna can be increased. This Vivaldi antenna has dimensions of 120mm x 120mm x 1.6 mm, fabricated using FR-4 material which has a dielectric constant (ϵ_r) = 4.3. The results of the simulation of the Vivaldi UWB MIMO antenna with *corrugated slots* show that the antenna can work at UWB frequencies from 2.31 GHz to 10.78 Ghz. The highest gain value is produced at 4 GHz frequency of 10 dBi with *directional* radiation. By providing a *corrugated* structure to the Coplanar Vivaldi antenna element, it can increase the *directivity* by 1.7 dBi at the 4 GHz frequency. Composing the antenna into a 1x4 MIMO *H-Plane* can increase the *directivity* by 7.5 dBi.

Keywords: Antenna, UWB, Vivaldi, *Corrugated*, MIMO, *directivity*

PENDAHULUAN

Pada saat ini teknologi telekomunikasi semakin berkembang dengan pesat dan membutuhkan pengiriman dan penerimaan data dengan kecepatan dan kapasitas tinggi. Teknologi yang mendukung transmisi data dengan *data rate* yang tinggi adalah teknologi *Ultra-Wide Band* (UWB). *Ultra-wideband* merupakan teknologi *broadband* yang memiliki *bandwidth* yang sangat lebar. Pada tahun 2002 *Ultra-wideband* (UWB) pertama kali dikeluarkan oleh *Federation Communication*

Commission (FCC) (Agustini dan Nurhayati, 2021). Beberapa jenis pengaplikasian UWB ini adalah dibidang kesehatan, telekomunikasi, *microwave imaging*, radar, dan *ground penetrating radar* (GPR). Antena merupakan *front end* yang memegang peranan yang penting dalam sistem telekomunikasi. Salah satu antena yang dapat bekerja di frekuensi UWB adalah antena Vivaldi. Antena Vivaldi memiliki kelebihan mudah difabrikasi, memiliki *directivity* yang tinggi, serta

memiliki *bandwidth* yang lebar (Bhattacharjee dkk., 2020).

Antena Vivaldi awalnya di kemukakan oleh Gibson pada 1976 (Gibson, 1979). Antena ini di aplikasikan untuk kepentingan komunikasi nirkabel, aplikasi satelit dan juga untuk Radar. Terdapat 3 jenis antena Vivaldi diantaranya. *Tapered slot Vivaldi antenna* (TSVA), *Antipodal Vivaldi antenna* (AVA), dan *Balanced antipodal Vivaldi Antenna* (BAVA) (Paul dan Mohiminul. 2021). Transmisi data kecepatan tinggi sudah menjadi kebutuhan manusia pada era modern ini. Segala sesuatu dituntut untuk cepat oleh karena itu antena Vivaldi cocok digunakan karena memiliki frekuensi yang tinggi dan *directivity* yang setabil terlebih dengan keunggulan struktur sederhana, ukuran kecil, dan pembuatan yang mudah (Naghar dkk., 2014).

Penelitian ini mengacu pada penelitian sebelumnya (Agustini dan Nurhayati, 2021). Optimalisasi antena Vivaldi dapat dilakukan dengan mengubah nilai parameter antena yang meliputi panjang antena, panjang *tapered*, lebar antena, dan *tapered rate*. Perubahan nilai parameter lebar antena dan *taper slot* secara signifikan dapat menggeser frekuensi kerja antena. pada penelitian tersebut dirancang antena coplanar vivaldi untuk aplikasi *Ultra-Wideband* (UWB) yang dapat bekerja dengan banyak jenis antena UWB yang memiliki frekuensi kerja pada 2-10 GHz dengan *return loss* kurang dari -10 dB (Agustini dan Nurhayati, 2021).

Untuk meningkatkan kinerja direktifitas antena maka antena disusun secara MIMO (*Multi Input Multi Output*). Antena MIMO vivaldi telah dibahas di penelitian (Li dkk., 2019). Dalam beberapa kasus, performa simulasi yang ditunjukkan melalui seluruh frekuensi operasi *ultra-wideband* tidak masuk kriteria misalnya *return loss* yang tidak dibawah -10 db dan *gain* yang didapatkan relatif kecil. Dalam proses pengoptimasian, penggantian ukuran antena juga bisa dilakukan. Oleh karena itu, mengembangkan desain antena Vivaldi dengan *directivity* yang tinggi serta *bandwidth* yang lebar, untuk aplikasi *Ultra-wideband* perlu dilakukan. Dalam Artikel ini antena Vivaldi *Ultra-Wideband* yang memiliki *bandwidth* besar 8,47 GHz (2,31 GHz - 10,78 Ghz) dan ukuran patch 120mm x 120mm x 1.6mm. Nilai *directivity* setelah pengaplikasian MIMO terjadi peningkatan *directivity* sebesar 7,5 dBi Pencapaian utama dari artikel penelitian ini adalah untuk mengembangkan antena MIMO Vivaldi *Ultra-Wideband* dengan *Directivity* yang tinggi.

KAJIAN TEORI

Ultra-wideband (UWB)

Sejak tahun 1960 antena *ultra-wideband* sudah digunakan untuk kepentingan militer untuk komunikasi. Dengan teknologi nirkabel tentunya akan sangat membantu dalam keefisienan waktu dalam menyampaikan informasi. *Federal*

Communication Commision (FCC) pertama kali mengeluarkan sistem komunikasi *ultrawideband* pada tahun 2002 (Agustini dan Nurhayati, 2021).

Kelebihan dari teknologi UWB ini adalah Karakteristiknya yang unik. Dengan alas an ini UWB menjadi solusi *broadband nirkable* yang lebih baik dibandingkan teknologi lainnya. Keunikan ini didasarkan dengan kemampuan UWB antena yang diintegrasikan pada IC dengan daya rendah dengan biaya yang rendah. Dengan *bandwidth* yang lebar tentunya UWB dapat mencapai kapasitas yang sangat besar hingga ratusan Mbps atau bahkan beberapa Gbps dengan jarak 1 sampai 10 meter. UWB tidak memodulasi atau mendemodulasi bentuk gelombang pembawa yang kompleks, sehingga menghilangkan kebutuhan akan komponen seperti mixer, filter, amplifler, dan osilator lokal. UWB juga tidak terpengaruh oleh propagasi *multipath*. UWB menyediakan solusi komunikasi yang aman dan andal. Karena kepadatan energi yang rendah, sinyal UWB seperti noise, sehingga sangat sulit untuk mendeteksi sinyal yang tidak diinginkan. Oleh karena itu, UWB mungkin merupakan sarana transmisi nirkabel teraman yang pernah ada (Rahayu dkk., 2008).

Yang dibutuhkan dalam UWB adalah *bandwidth* yang melebihi 500MHz atau *fractional Bandwidth* lebih besar dari 20%. *Fractional bandwidth* ini adalah rasio *bandwidth* dengan median dari seluruh frekuensi. Jika titik atas dan bawah di representasikan dengan fH dan fL . Masing masing *fractional bandwidth* dan median frekuensi bisa di definisikan dengan persamaan. (1), (2) (Rahayu dkk., 2008)

$$BW = 2(fH - fL)/(fH + fL) \quad (1)$$

$$fC = (fH - fL)/2 \quad (2)$$

Keterangan :

BW	: <i>Bandwidth</i>	(Mhz)
fH	: Frekuensi Tinggi	(Mhz)
fL	: Frekuensi Rendah	(Mhz)
fC	: Frekuensi Tengah	(Mhz)

Definisi Antena Vivaldi

Antena Vivaldi awalnya di kemukakan oleh Gibson pada 1976 (Gibson, 1979). Antena ini di aplikasikan untuk kepentingan komunikasi nirkabel, aplikasi satelit dan juga untuk Radar. Terdapat 3 jenis antena Vivaldi diantaranya. *Tapered slot Vivaldi antenna* (TSVA), *Antipodal Vivaldi antenna* (AVA), dan *Balanced antipodal Vivaldi Antenna* (BAVA) (Paul dan Mohiminul 2021). Transmisi data kecepatan tinggi sudah menjadi kebutuhan manusia pada era modern ini. Segala sesuatu dituntut untuk cepat oleh karena itu antena Vivaldi cocok digunakan karena memiliki frekuensi yang tinggi dan *directivity* yang setabil terlebih dengan keunggulan struktur sederhana, ukuran kecil, dan pembuatan yang mudah (Naghar dkk., 2014).

Multiple-Input-Multiple-Output (MIMO)

Teknologi MIMO 1x4 banyak digunakan untuk mengakomodasi kapasitas yang lebih besar dan perangkat yang lebih terhubung. MIMO memiliki banyak antena dalam satu lapisan. Antena MIMO memerlukan dua atau lebih elemen antena di pemancar atau penerima. Lebih khusus lagi, MIMO mengacu pada teknik praktis yang memanfaatkan *propagasi multipath* untuk mengirim dan menerima beberapa sinyal data secara bersamaan melalui saluran radio yang sama. MIMO memberikan solusi untuk ini. Teknologi ini meningkatkan kapasitas dengan mentransmisikan sinyal yang berbeda melalui beberapa antena. (Venkatesan dkk., 2018)

Teknologi *multiple-input-multiple-output* (MIMO) dapat digunakan untuk memberikan *gain multiplexing*, masing-masing, dari sistem nirkabel Sistem UWB yang menggunakan *bandwidth* besar sudah memiliki kecepatan data yang tinggi, sehingga teknologi MIMO dapat digunakan untuk penanggungan *fading* (Liu dan Yuk., 2013).

Bandwidth

Bandwidth antena didefinisikan sebagai "rentang frekuensi di mana kinerja antena untuk suatu karakteristik memenuhi kriteria yang ditentukan.". *Bandwidth* dapat dianggap sebagai rentang frekuensi di kedua sisi frekuensi tengah (biasanya frekuensi resonansi dipol) di mana karakteristik antena (impedansi input, pola, lebar berkas, polarisasi, level *sidelobe*, *gain*, dan arah pancaran. Untuk mengetahui nilai dari suatu *bandwidth*, frekuensi atas dan juga frekuensi bawah harus diketahui (Constantine, 2016).

Untuk Antena *broadband*, *bandwidth* biasanya dinyatakan sebagai rasio frekuensi atas dan bawah dari operasi yang dapat diterima. Misalnya, *bandwidth* 10:1 menunjukkan bahwa batas frekuensi atas adalah 10 kali batas frekuensi bawah. Sedangkan Untuk antena *narrowband*, *bandwidth* dinyatakan sebagai persentase perbedaan frekuensi (atas ke bawah) sehubungan dengan frekuensi tengah *bandwidth*. Misalnya, *bandwidth* 5% menunjukkan bahwa rentang frekuensi operasi yang dapat diterima adalah 5% dari frekuensi tengah *bandwidth* (Constantine, 2016).

Return loss

Return loss digunakan untuk melihat hilangnya daya yang telah di transmisikan. Hal ini dilihat dari parameter perbandingan amplitud gelombang pantul terhadap gelombang yang ditransmisikan (Constantine, 2016). Gelombang elektromagnetik yang berasal dari *feed* ke sebuah antena disebut dengan *return loss*. Nilai dari *return loss* ini harus selalu negatif (Jain dkk., 2020).

Directivity

Directivity antena didefinisikan sebagai suatu rasio intensitas radiasi dalam arah tertentu dari antena dengan intensitas radiasi yang dirata-ratakan ke semua arah (Poljak dan Mario., 2019). *Directivity* memuat pengukuran tentang seberapa baik sebuah antena mengarahkan energi ke sebuah arah tertentu (Fourikis., 2000). *Directivity* bisa dihitung dengan persamaan (3).

$$D = \frac{U_{max}}{U_0} \quad (3)$$

Keterangan :

$$\begin{aligned} D &= \text{Directivity} & (\text{dbi}) \\ U_{max} &= \text{Intensitas Radiasi Maksimum} & (\theta, \Phi) \\ U_0 &= \text{Intensitas radiasi pada} & \\ & \text{sumber isotropic} & (\theta, \Phi) \end{aligned}$$

Gain

Gain antena adalah ukuran efektivitas maksimum yang mana antena dapat memancarkan daya yang dikirimkan oleh pemancar ke target. *Gain* antena biasanya diberi simbol G (Bole dkk., 2014) *Gain* antena adalah ukuran kemampuan antena untuk memancarkan secara meningkat atau menurun ke sebuah arah tertentu (Hong dkk., 2015)

Corrugated slot

Sebuah *Corrugated slot* di antena memfokuskan medan listrik dan meningkatkan arus permukaan di seluruh patch, sehingga meningkatkan *directivity* dan polarisasi. dalam antena UWB, yang dipengaruhi oleh geometri antena, bentuk *feeding*, desain *patch*, dan substrat. Kinerja *return loss* dapat ditingkatkan dengan mengontrol panjang struktur *Corrugated* (Nurhayati dkk., 2018).

METODE

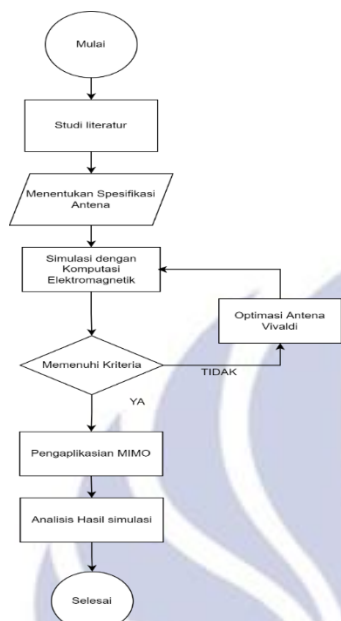
Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif sebagai metode yang digunakan untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Proses pendekatan kuantitatif ini adalah dengan mengubah data numerik pada suatu desain antena guna menemukan hasil yang diinginkan. Pertama, dimulai dengan desain awal. Selanjutnya mengubah parameter desain sedemikian hingga hasil yang diinginkan tercapai pada simulasi yang dilakukan dengan software CST Studio Suit 2019.

Alur Penelitian

Penelitian dimulai dengan pencarian informasi yaitu studi literatur. Hal ini bertujuan untuk menggali lebih dalam mengenai apa yang akan di buat. Dengan mencari referensi dari jurnal, buku, skripsi, thesis, ataupun artikel ilmiah dari internet. Selanjutnya menentukan Spesifikasi antena Vivaldi yang akan dibuat. Jika spesifikasi antena sudah ditentukan maka Langkah selanjutnya adalah

mendesain antenna dan mensimulasikannya. Jika hasil simulasi tidak memenuhi kriteria yang diinginkan Langkah selanjutnya adalah mengubah spesifikasi antenna. Untuk *flowchart* penelitian bisa dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Spesifikasi Antena

Penelitian Antena Vivaldi UWB ini menggunakan substrat dengan bahan FR-4 dengan Ketebalan 1.6 mm. tebal patch tembaga 0,035 dengan konstanta dielektrik 4,3.

Tabel 1. Kriteria Desain Antena Vivaldi

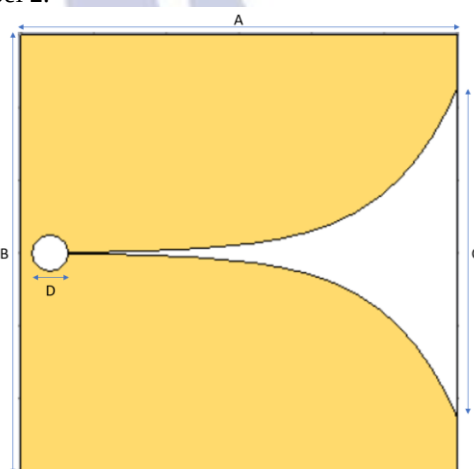
Kriteria Spesifikasi Antena	
Parameter	Nilai
Frekuensi	2,31 GHz - 10,78 Ghz
Tebal Substrat	1,6mm
Tebal Patch	0,035
Return loss	<-10dB
VSWR	≤ 2
Gain	≥ 3

Tabel 2. Dimensi Antena Vivaldi

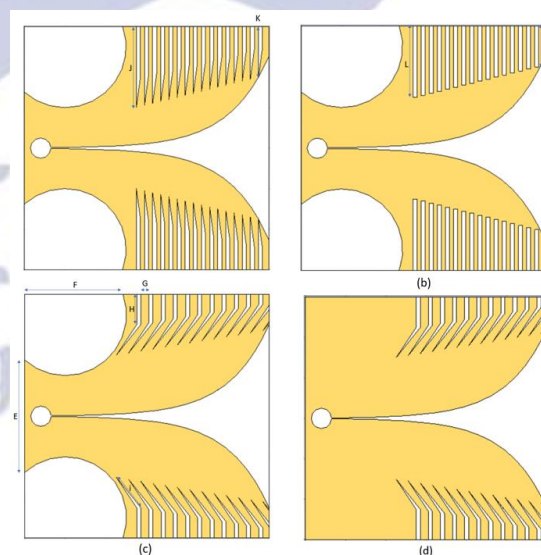
Simbol	Dimensi (mm)	Simbol	Dimensi (mm)
A	120	H	15
B	120	I	19.2
C	90	J	40
D	5	K	25
E	55	L	35
F	48	M	20
G	4		

Desain Antena

Spesifikasi Antena Vivaldi UWB yang digunakan pada artikel ini di tunjukkan melalui Tabel 1. Desain Antena Vivaldi Konvensional ditunjukkan pada gambar 2. Dengan Menambahkan struktur berupa *corrugated slot* pada antena Vivaldi konvensional bertujuan untuk meningkatkan *gain* dan juga *directivity*. Struktur *corrugated slot* yang ditambahkan memiliki 3 Model yaitu Model-A, Model-B, Model-C. Perbedaan dari setiap model *corrugate* terletak pada bagian ujung dari *corrugate* itu sendiri. Dengan Model-A yang memiliki ujung lancip dan berbentuk segitiga, Model-B dengan ujung Persegi, dan Model-C memiliki ujung segitiga yang di miringkan. Untuk gambar Model-A, Model-B, dan Model-C ditunjukkan pada Gambar 3. Sedangkan untuk dimensi antenna bisa dilihat pada Tabel 2.



Gambar 2. Antena Vivaldi Konvensional

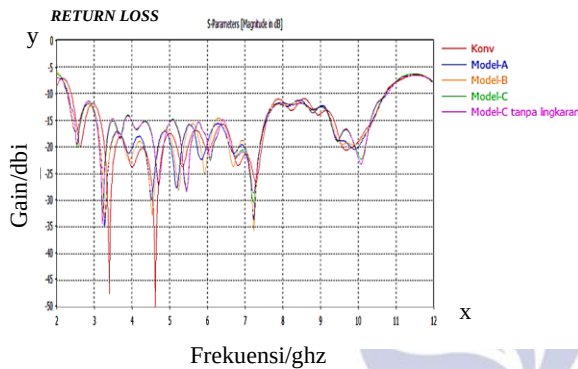


Gambar 3. Struktur *Corrugate* antenna Vivaldi : (a) Model-A, (b) Model-B, (c) Model-C, (d) Model-C tanpa lingkaran

Peningkatan *Directivity* Antena MIMO Vivaldi Coplanar Dengan *Corrugated Slot* Untuk Aplikasi *Ultra-Wideband* (UWB)

Return Loss

Berdasarkan 4 Model yang telah dibuat, antena Vivaldi konvensional Frekuensi terendah yang masuk di -10 dB untuk masing masing model adalah 2.39 Ghz untuk model konvensional. Untuk model A dan Model B sedikit Lebar dengan mulai pada 2.28 Ghz. Sedangkan Untuk Model C dimulai dari 2,31 Ghz. Model konvensional memiliki *returnloss* terendah pada 49,9 dBi pada frekuensi 4,6 Ghz. Model-A memiliki *return loss* terendah pada 34,8 dBi pada 3,3 Ghz. Model-B memiliki *return loss* terendah pada 35,7 dBi pada 7,2 Ghz, dan untuk Model-C memiliki *return loss* terendah pada 32,5 dBi pada 3,25 Ghz. Untuk *Return Loss* dari antena Vivaldi konvensional, Model-A, Model-B, Model-C, dan Model-C tanpa lingkaran bisa dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. *Return Loss* dari antena Vivaldi konvensional, Model-A, Model-B, Model-C, dan Model-C tanpa lingkaran

Farfield

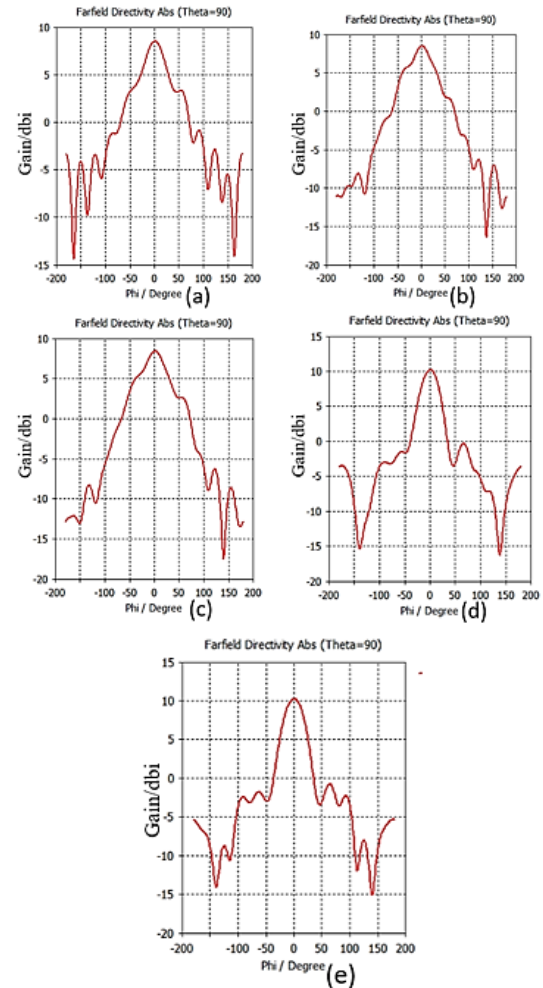
Polaradiasi *farfield* yang didapatkan oleh model konvensional, Model-A, Model-B, Model-C dan Model-C tanpa lingkaran. Dengan penambahan *corrugate* pada model-C membuat polaradiasi menjadi lebih terfokus dibandingkan dengan model konvensional, model-A, dan Model-B. untuk gambar polaradiasi pada Frekuensi 4 Ghz ditunjukkan pada Gambar 5 dan Tabel 3.

Directivity

Hasil dari perbandingan *directivity* antara antena Vivaldi konvensional, Model-A, Model-B, Model-C, dan Model-C tanpa lingkaran. bisa dilihat pada Gambar 5. Model konvensional memiliki maksimum *directivity* pada 8,5 dBi pada frekuensi 4 Ghz. Model-A memiliki maksimum *Directivity* pada 8,85 dBi pada frekuensi 3 Ghz. Model-B memiliki maksimum *directivity* pada 8,77 dBi Pada Frekuensi 3 Ghz. Untuk Model-C memiliki Maksimum *Directivity* pada 10,2 dBi pada frekuensi 4 Ghz.

Desain konvensional memiliki rata rata nilai *directivity* yang lebih rendah daripada Model-A, Model-B, dan Model-C. model A memiliki nilai *directivity* yang paling tinggi diantara yang lain pada

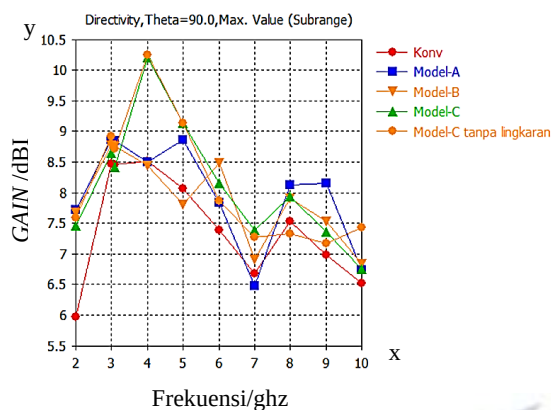
frekuensi 8 dan 9 Ghz. Model B memiliki *directivity* paling tinggi diantara yang lain pada frekuensi 6 Ghz. Model-C memiliki Nilai *directivity* tertinggi pada frekuensi 4 Ghz dengan nilai 10,2 dBi. Untuk perbandingan nilai *Directivity* bisa dilihat pada Gambar 6.



Gambar 5. *Farfield Directivity* : (a) Model Konvensional (b) Model-A (c) Model-B (d) Model-C (e) Model-C Tanpa Lingkaran

Tabel 3. Perbandingan Arahkan *Farfield* pada Frekuensi 4 GHz (Phi=90).

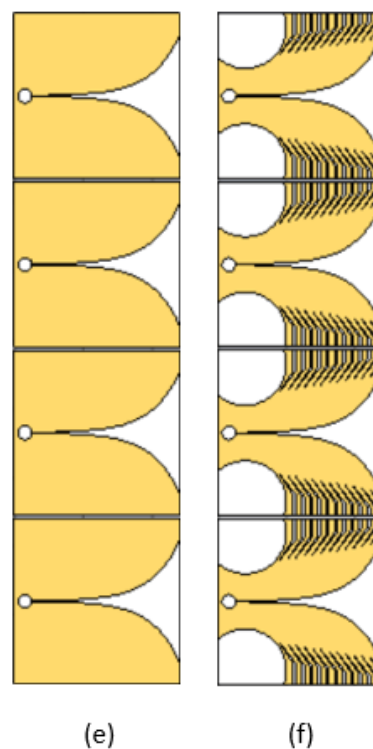
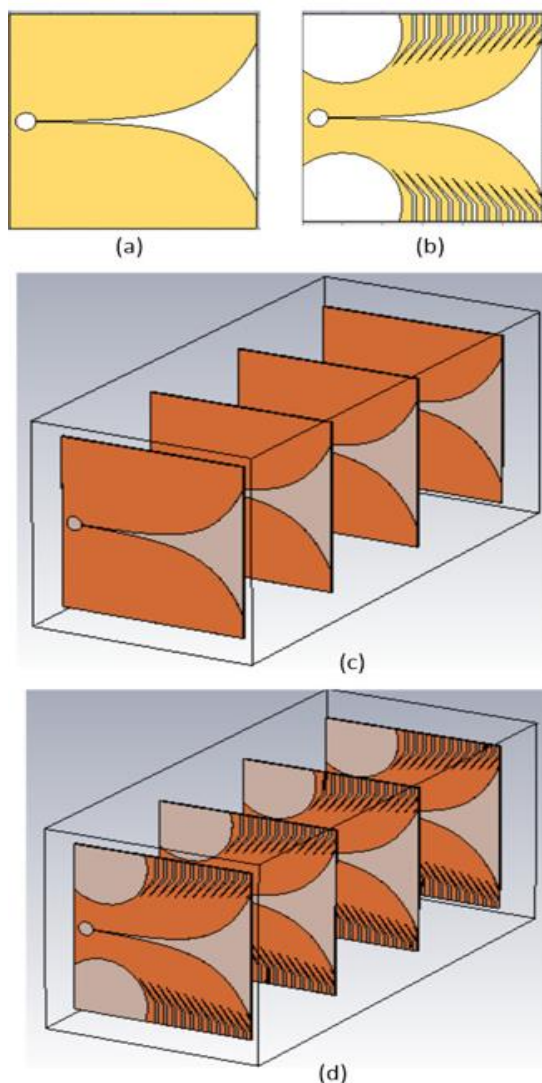
Parameter	konv	Model-A	Model-B	Model-C	Model-C tanpa lingkaran
<i>Mainlobe Magnitude</i>	8,52 dBi	8,51 dBi	8,45 dBi	10,2 dBi	10,2
<i>Mainlobe Direction</i>	1°	1°	1°	1°	1°
<i>Angular width (3 dB)</i>	50,2°	64,7°	58,8°	38,3°	39,1°
<i>Sidelobe Level</i>	-5,2 dB	-14,8 dB	-5,9 dB	-10,5 dB	-11,5 dB



Gambar 6. Perbandingan Directivity

Multiple Input Multiple Output (MIMO)

Pengaplikasian MIMO pada antenna Konvensional dan Model C dilakukan dengan penambahan 4 elemen. Masing masing model dilakukan percobaan dengan posisi *H-Plane* dan *H-Plane*. Masing masing model antenna ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Model Antena : (a) konvensional (AVA), (b) Model-C (CAVA), (c) MIMO AVA *H-Plane*, (d) MIMO CAVA *H-Plane*, (e) MIMO AVA *H-Plane*, dan (f) MIMO CAVA *H-Plane*

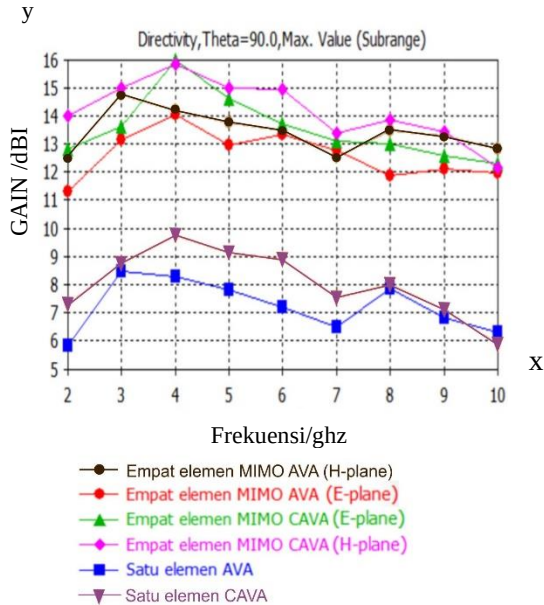
Hasil dari pengaplikasian MIMO menunjukkan peningkatan *directivity* yang setabil pada seluruh frekuensi. MIMO dengan *H-Plane* menunjukkan peningkatan yang lebih tinggi, baik dengan model AVA ataupun CAVA jika dibandingkan dengan Model *H-Plane*.

Model-C dengan 1 elemen memiliki *directivity* dengan nilai 10.2 dBi. Dengan mengaplikasikan MIMO 4 elemen *H-Plane*, terjadi peningkatan yang signifikan dimana *directivity* menjadi 16 dBi yang berarti terjadi peningkatan sebesar 5.8 dBi. Kemudian setelah di aplikasikan dengan MIMO *H-Plane*, untuk frekuensi tertingginya masih sama di 16 dBi tetapi pada frekuensi yang lain terjadi peningkatan yang lebih tinggi jika dilakukan dengan MIMO *H-Plane*.

Pada model AVA atau model konvensional baik dari 1 elemen ataupun 4 elemen, hasilnya selalu dibawah model CAVA. Pada model AVA 1 elemen *directivity* tertinggi terletak pada frekuensi 3 Ghz dengan nilai 8,5 dBi kemudian setelah pengaplikasian MIMO *H-Plane* terjadi peningkatan 4,5 dBi pada frekuensi 3 Ghz sehingga menjadi 13.5 dBi namun *directivity* tertingginya berubah pada frekuensi 4 Ghz dengan nilai 14 dBi. Model AVA *H-Plane* memberikan peningkat yang lebih tinggi dari model AVA *H-Plane* yaitu pada frekuensi 3 Ghz menjadi 14.5 dBi, 1 dBi lebih tinggi dari model *H-Plane*.

Peningkatan Directivity Antena MIMO Vivaldi Coplanar Dengan *Corrugated Slot* Untuk Aplikasi Ultra-Wideband (UWB)

Pada model *H-Plane* ini keseluruhan frekuensi terjadi peningkatan yang lebih tinggi dari model *H-Plane*. Untuk perbandingan Hasil MIMO bisa di lihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Perbandingan Hasil MIMO

Tabel 4. Perbandingan kinerja Antena dengan Referensi Lain

Referensi	Dimensi (mm)	Bandwidth (Ghz)	Max Gain (dBi)
(Singha dan Vakula., 2015)	30×60×0.787	4.7-11	8
(Elhefnawy dan Frank., 2022)	116 × 79.65	1.9 - 7.7	4.9
Model-C	120 x 120 x 1,6	2,3 - 10,78	10,1
CAVA <i>H-Plane</i> (diajukan)	120 x 120 x 1,6 (1x4)	2,3 - 10,78	16

Pada referensi (Singha dan Vakula., 2015) Hasil simulasi antena *corrugated* antipodal vivaldi menunjukkan *gain* dan *directivity* masing-masing meningkat hingga 1.2dB dan 1dB. Dengan *returnloss* dibawah -10db mulai dari 4.7-11.

Pada referensi (Elhefnawy dan Frank., 2022) frekuensi kerja dari antena Vivaldi adalah 1.9-7.7 GHz dengan maksimum *gain* 4.9 dBi pada frekuensi 3 GHz. Untuk perbandingan kinerja antena bisa dilihat pada Tabel 4.

PENUTUP

Simpulan

Hasil Simulasi dari 5 model antena yaitu model konvensional, Model-A, Model-B, Model-C, dan Model-C tanpa lingkaran menunjukkan bahwa penambahan *corrugated slot* berpengaruh pada peningkatan *directivity*. Dengan nilai *directivity* tertinggi terletak pada Model-C dengan *max directivity* sebesar 10,2 dBi. Dengan penambahan *corrugated slot*, performa polaradiasi antena yaitu *mainlobe magnitude*, *sidelobe level*, *beamwidth*, dan *mainlobe direction* dapat ditingkatkan. Kemudian Pengaplikasian MIMO berdampak pada peningkatan *directivity* sebesar 5,8 dBi dengan model MIMO *H-Plane*. Pengaplikasian MIMO ini dapat diterapkan pada frekuensi UWB.

Saran

Berdasarkan pembahasan dari peningkatan *directivity* antena MIMO vivaldi coplanar dengan *corrugated slot* untuk aplikasi Ultra-Wideband (UWB). Pengaplikasian *Corrugated slot* dan juga MIMO bisa digunakan untuk meningkatkan *directivity* pada antena Vivaldi Ultra-Wideband.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustini, Rizqi dan Nurhayati. 2021. *Improvement of Coplanar Vivaldi Antenna Radiation Patterns With Fractal Structure for Ultra-Wideband Applications*. Jurnal Teknik Elektro dan Elektronika Indonesia. Vol. 4. No. 2. Hal. 44–50.
- Bhattacharjee. Anindita, Bhawal. Abhirup, Karmakar. Anirban, Saha Anuradha dan Bhattacharya Diptendu 2020. *Vivaldi Antennas: a Historical Review and Current State of Art*. International Journal of Microwave and Wireless Technologies Hal 1-18
- Bole. Alan, Alan Wall dan Andy Norris. 2014. *Radar and ARPA Manual Radar and Target Tracking for Professional Mariners*. Butterworth-Heinemann
- Constantine A. Balanis. 2016. *Antenna Theory: Analysis and Design, 4th Edition*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Elhefnawy. Mohamed. dan Frank Podd., 2022. *A Vivaldi Antenna with Improved Bandwidth and Gain* International Journal of Electrical and Computer Engineering Systems Vol 13 Hal 1-7
- Fourikis. Nicholas. 2000. *Advanced Array Systems, Applications and RF Technologies (Signal*

- Processing and its Applications*) 1st Edition. Academic Press; 1st edition
- Gibson P. J., 1979. *The Vivaldi Aerial*. in Proceedings of the 9th European Microwave Conference,. Hal 101–105
- Hong. Hyeongi, Jihwan Ahn, Jun-gi Jeong, dan Young Joong Yoon . 2015. *Gain Enhancement Technique for an Antipodal Vivaldi Antenna*. Jurnal IEEE Hal 2343-2344
- Jain. Anuj, Ritu. Goyal, dan Surender. Kumar. 2020. *Return Loss and Bandwidth Enhancement in Antenna Having Imperfect Ground Plane*. Journal of Xi'an University of Architecture & Technology Volume XII Hal 1104-1111
- Li. Zhenya, Chengyou. Yin, dan Xiaosong. Zhu 2019. *Compact UWB MIMO Vivaldi Antenna with Dual Band-Notched Characteristics*. IEEE Access Hal 1-5
- Liu. L., dan T. I. Yuk, 2013. *Compact MIMO Antenna for Portable Devices in UWB Applications*. IEEE Trans. Antennas Propag., vol. 61, no. 8, pp. 4257-4264, Aug. 2013.
- Naghar. Azzeddin, Otman. Aghzout, Ana. Vazquez Alejos, dan Manuel. García Sánchez 2014. *Ultra-Wideband and Tri-Band Antennas for Satellite Applications at C-, X-, and Ku Bands*, in Proceedings of the 2014 IEEE Mediterranean Microwave Symposium, Hal 1–5
- Nurhayati, Gamantyo. Hendrantoro, Takeshi Fukusako, dan Eko Setijadi,. 2018. *Mutual Coupling Reduction for a UWB Coplanar Vivaldi Array by Truncated and Corrugated*. IEEE Antennas Wireless Propag. Lett., Vol. 17, No. 12, 2284–2288, Dec. 2018
- Paul. Liton Chandra dan Md. Mohiminul Islam. 2021. *A Super Wideband Directional Compact Vivaldi Antenna for Lower 5G and Satellite Applications*. Jurnal Internasional Antena dan Propagasi Hal 1-12
- Poljak. D. dan Cvetković. M. 2019. *Human Interaction with Electromagnetic Fields Computational Models in Dosimetry*. Academic Press; 1st edition
- Rahayu. Yusnita, Tharek. Abd. Rahman, Razali Ngah, dan P.S. Hall. 2008. *Ultra-Wideband Technology and its Applications 2008 5th IFIP International Conference on Wireless and Optical Communications Networks (WOCN '08)* Jurnal IEEE. Hal 1-5
- Singha. Rahul dan Vakula. D., 2015. *Corrugated Antipodal Vivaldi Antenna using Spiral Shape Negative Index Metamaterial for Ultra-Wideband Application*. International Conference on Signal Processing and Communication Engineering Systems. Hal 179-183
- Venkatesan. Prasanna, T.Ranjitha, C. Shimona Neethi, dan S.Swetha., 2018. *Optimisation of MIMO Antenna for 5G Applications*, International Journal of Advances in Scientific Research and Engineering (ijasre), vol. 4, no. 3, pp. 133-139