

Optimasi Kinerja Antena Mikrostrip Dengan Modifikasi *Patch* Dan *Ground Plane* Untuk Aplikasi *Ultra-wideband* (UWB)

Andri Arfianto

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya
e-mail : andri.18050@mhs.unesa.ac.id

Nurhayati, Lilik Anifah, I Gusti Putu Asto Buditjahjanto

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

Abstrak

Dalam dunia teknologi telekomunikasi, khususnya antena *Ultra-wideband* (UWB) telah banyak digunakan untuk aplikasi telekomunikasi radio dan radar. Antena mikrostrip UWB memiliki beberapa keunggulan diantaranya memiliki dimensi relatif kecil, daya pancar yang rendah, dan mudah difabrikasi. Tujuan dari penulisan artikel ini adalah untuk mengetahui optimasi kinerja antena mikrostrip dengan modifikasi *patch* dan *ground plane* untuk aplikasi UWB. Metode yang digunakan adalah dengan menggunakan komputasi elektromagnetik. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dengan desain *patch* berbentuk persegi panjang dengan potongan segitiga dan *slot* berbentuk L pada *ground plane*, sehingga didapatkan antena yang mampu bekerja pada frekuensi UWB. Antena mikrostrip UWB ini memiliki dimensi 28 mm x 32 mm x 1,6 mm dengan fabrikasi menggunakan bahan substrat FR-4 dengan konstanta dielektrik (ϵ_r) = 4.3. Hasil simulasi antena mikrostrip UWB dengan potongan segitiga dan *L-slot* pada *ground plane* menunjukkan bahwa antena tersebut dapat bekerja pada frekuensi UWB dari 2,83 GHz hingga 10,92 GHz. Nilai *gain* tertinggi dihasilkan pada frekuensi 9 GHz sebesar 4,29 dBi dengan polarisasi elips dengan jenis pola radiasi *omnidirectional*.

Kata Kunci : Antena, UWB, Mikrostrip, Parsial Ground, Slot berbentuk L

Abstract

In the world of telecommunication technology, especially Ultra-wideband antennas (UWB) have been widely used for radio and radar telecommunication applications. UWB microstrip antennas have several advantages including having relatively small dimensions, low radiative power, and easy to fabricate. The purpose of writing this article is to find out the optimization of microstrip antenna performance with patch and ground plane modifications for UWB applications. The method used is to use electromagnetic computing. Based on the research conducted, with a rectangular patch design with triangular pieces and an L-shaped slot on the ground plane, so that antennas are able to work at UWB frequencies. This UWB microstrip antenna has dimensions of 28 mm x 32 mm x 1.6 mm with fabrication using FR-4 substrate material with a dielectric constant (ϵ_r) = 4.3. The simulation results of the UWB microstrip antenna with triangular cut and L-slot on the ground plane showed that the antenna can work at UWB frequencies from 2.83 GHz to 10.92 GHz. The highest gain value is generated at a frequency of 9 GHz of 4.29 dBi with elliptical polarization with an omnidirectional radiation pattern type.

Keywords : Antenna, UWB, Microstrip, Partial Ground, L Shape Slot

PENDAHULUAN

Saat ini teknologi telekomunikasi semakin berkembang, banyak peneliti yang sedang mengembangkan teknologi komunikasi nirkabel seperti antena. Antena merupakan bagian ujung dari sistem telekomunikasi yang digunakan untuk mentransmisikan dan menerima data (Nurhayati dkk., 2021). Pada tahun 2002, *Federal Communication Commission* (FCC) telah menetapkan peraturan bandwidth 3,1 GHz hingga 10,6 GHz untuk aplikasi UWB komersial (Elfergani dkk., 2018).

Berikut adalah contoh beberapa aplikasi UWB, seperti pada frekuensi 3,3 GHz hingga 3,7 GHz untuk WiMAX, frekuensi 3,3 hingga 3,8 GHz untuk C-Band

ASEAN, pita frekuensi 4,5 hingga 5,5 GHz untuk aplikasi 5G, frekuensi 2,4 GHz atau 5,1 GHz hingga 5,8 GHz untuk aplikasi WLAN, frekuensi 7,2 hingga 7,7 GHz untuk komunikasi *downlink* satelit untuk Internasional Serikat Telekomunikasi (ITU), frekuensi 7,7 hingga 8,2 GHz untuk aplikasi X-band (Abdulhari dkk., 2021).

Dalam mendesain antena UWB ada beberapa hal yang harus diperhatikan. Pertama, impedansi *bandwidth* harus mencakup *bandwidth* lebar dari 3,1 GHz hingga 10,6 GHz, dan *return loss* harus kurang dari -10 dB diantara semua frekuensi. Kedua, respons spektrum *gain* harus konstan. Ketiga, memperhatikan analisis

domain waktu, karena antenna UWB mentransmisikan sinyal pulsa pendek yang menyebabkan distorsi antara transmisi dan penerimaan sinyal (Chiu dan Yen-Sheng, 2015). Untuk meningkatkan kinerja antenna mikrostrip beberapa metode telah dibuat seperti menggunakan teknik *rectangular patch* dengan *ground plane* berbentuk *trapezoidal-cut* (Naufal dkk., 2021). Tetapi, dari penelitian dan metode tersebut belum menghasilkan *return loss* kurang dari -10 pada frekuensi UWB seluruhnya.

Dengan menggunakan teknik parsial *ground* dan memberi *slot* berbentuk persegi panjang pada *ground plane* dapat meningkatkan *bandwidth* pada antenna mikrostrip (Ahmed dkk., 2021). Pada penelitian tersebut, antenna mikrostrip telah berhasil memenuhi syarat dengan memiliki frekuensi dengan rentang UWB, tetapi *return loss* maksimal hanya -29 dB pada frekuensi 7,75 GHz. Dengan memotong kedua sudut bawah *patch* persegi serta menambahkan dua *L-slot* terbalik pada parsial *ground* dapat memperoleh frekuensi untuk aplikasi *X-Band* (Alotaibi dan Abdullah, 2020). Tetapi penelitian tersebut memiliki kelemahan *bandwidth* yang sempit dalam rentang UWB dan VSWR lebih dari 2 pada frekuensi 10,27 GHz yang diaplikasikan untuk *X-Band*.

Permasalahan yang umum terjadi pada antenna mikrostrip yaitu berupa *return loss* yang tinggi, *gain* yang rendah, dan *bandwidth* yang cenderung sempit. Masalah tersebut dapat diatasi dengan berbagai macam teknik. Teknik yang digunakan seperti menggunakan substrat dengan konstanta dielektrik yang kecil, memodifikasi *patch*, menambah lapisan substrat, ataupun menambahkan jumlah *slot* (Marchellia dkk., 2021). Oleh sebab itu, penelitian tersebut dilakukan studi literatur menggunakan kombinasi teknik *slot* berbentuk U dan elemen parasitik pada antenna mikrostrip, serta meneliti pengaruhnya terhadap parameter antenna terutama *bandwidth* dan *gain*.

Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan penelitian berupa bentuk desain dan simulasi kinerja antenna mikrostrip UWB. Penelitian dilakukan dengan menggabungkan teknik *patch* persegi panjang dengan potongan berbentuk segitiga, serta menggunakan teknik *ground plane* parsial dengan menambahkan *slot* berbentuk persegi dan dua buah *slot* berbentuk L. Harapannya, dengan menggunakan teknik tersebut antenna dapat menghasilkan kinerja *return loss*, *gain*, maupun *bandwidth* yang lebih baik dari penelitian sebelumnya. Adapun tujuan penulisan artikel ini untuk mengoptimasi kinerja antenna mikrostrip dengan modifikasi *patch* dan *ground plane* pada rentang frekuensi *Ultra-wideband* (UWB).

KAJIAN TEORI

Ultra-Wideband (UWB)

Pada tahun 2002, *Federal Communication Commission* (FCC) telah menetapkan peraturan bandwidth 3,1 GHz hingga 10,6 GHz untuk aplikasi UWB penggunaan komersial (Elfergani dkk., 2018).

Antena UWB banyak dikembangkan oleh akademisi dan industri untuk keperluan pengembangan teknologi telekomunikasi karena memiliki beberapa keuntungan seperti memiliki ukuran desain kecil, kecepatan data frekuensi tinggi, kapasitas saluran besar, konsumsi daya rendah, dan biaya pembuatan murah. Selain komunikasi nirkabel, antenna UWB juga sering diaplikasikan untuk keperluan radar, pencitraan medis, dan *indoor positioning* (Ahmed dkk., 2015).

Syarat utama UWB adalah memiliki lebar bandwidth minimal 500MHz atau fraksional *bandwidth* lebih dari 20%. Fraksional *bandwidth* (*Bf*) didefinisikan sebagai rasio *bandwidth* sinyal terhadap frekuensi tengah (Naufal dkk., 2021). Fraksional *bandwidth* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1) :

$$Bf = \left| \frac{2(Fh-Fl)}{Fh+Fl} \times 100\% \right| \quad (1)$$

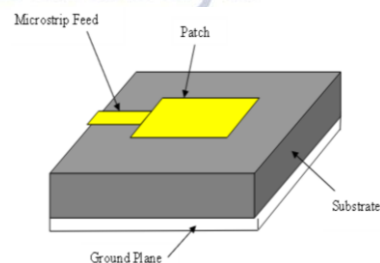
Keterangan :

Fh = Frekuensi tertinggi (Hz)

Fl = Frekuensi terendah (Hz)

Definisi Antena Mikrostrip

Antena Mikrostrip pertama kali diusulkan oleh G.A. Deschamps pada tahun 1953 tetapi lebih populer pada tahun 1970-an ketika Robert E. Munson dan beberapa rekan penelitiannya berhasil mengembangkan dengan menggunakan substrat *low loss*. Antena mikrostrip juga bisa disebut dengan Antena *Patch*. Antena ini terdiri dari tiga bagian utama yaitu *patch*, substrat, dan *ground plane* (Mehta, 2015). Struktur dasar dari antenna mikrostrip seperti ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur Utama Antena Mikrostrip

Scattering Parameters

Scattering Parameters atau juga disebut S-Parameter merupakan parameter yang digunakan untuk menyatakan seberapa besar daya yang dipantulkan dari

antena dan dinyatakan dengan *return loss* pada frekuensi tertentu (Agustini dan Nurhayati, 2021).

Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

VSWR merupakan perbandingan amplitudo tegangan gelombang berdiri (*standing wave*), yaitu gelombang berdiri maksimum ($|V_{max}|$) dengan amplitudo tegangan gelombang berdiri minimum ($|V_{min}|$) (Agustini dan Nurhayati, 2021). Nilai VSWR didapatkan dari persamaan (2) :

$$S = \frac{|V|_{max}}{|V|_{min}} = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \quad (2)$$

Keterangan :

- S = VSWR
- $|V|_{max}$ = Gelombang tegak maksimum
- $|V|_{min}$ = Gelombang tegak minimum
- Γ = Koefisien refleksi

Bandwidth

Bandwidth adalah rentang frekuensi kerja yang dapat diterima pada suatu perangkat. Untuk ketentuan antenna maka pada rentang frekuensi dimana VSWR dan *return loss* tidak melewati nilai maksimum antenna (Agustini dan Nurhayati, 2021).

Gain

Gain yaitu membandingkan antara rapat daya per satuan unit antenna dengan rapat daya antenna referensi pada arah dan daya yang sama. *Gain* didefinisikan sebagai 4π kali rasio dari intensitas radiasi secara isotropik dari kekuatan antenna (Agustini dan Nurhayati, 2021). *Gain* dinyatakan dengan persamaan (3) :

$$Gain = 4\pi \frac{U(\theta, \varphi)}{P_{in}} \quad (3)$$

Keterangan :

- $U(\theta, \varphi)$ = Intensitas radiasi
- P_{in} = Daya input total diterima

Return Loss

Return loss adalah bentuk logaritmik dari koefisien refleksi dengan satuan desibel (dB), untuk menyatakan perbandingan antara daya dipantulkan dan daya masuk (Agustini dan Nurhayati, 2021). Nilai *return loss* dihitung dengan persamaan (4) :

$$RL = 20 \log |\Gamma| dB \quad (4)$$

Keterangan :

- RL = *Return Loss*
- Γ = Koefisien refleksi

Directivity

Directivity antenna merupakan rasio intensitas radiasi dalam arah tertentu dengan intensitas radiasi rata-rata pada semua arah (Agustini dan Nurhayati, 2021).

Directivity dihitung menggunakan persamaan (5) :

$$D = \frac{U_{max}}{U_0} \quad (5)$$

Keterangan :

- D = *Directivity*
- U_{max} = Intensitas radiasi maksimum
- U_0 = Intensitas radiasi pada isotropik sumber

Pola Radiasi

Pola radiasi pada antenna menggambarkan grafis dari karakteristik radiasi antenna, serta sebagai fungsi dan koordinat ruang. Pola radiasi juga menggambarkan arah dan besarnya radiasi pada antenna. Pola radiasi diukur pada medan yang jauh dan digambarkan sebagai koordinat arah. Ada dua pola radiasi yaitu pola radiasi vertikal dan pola radiasi horizontal (Agustini dan Nurhayati, 2021).

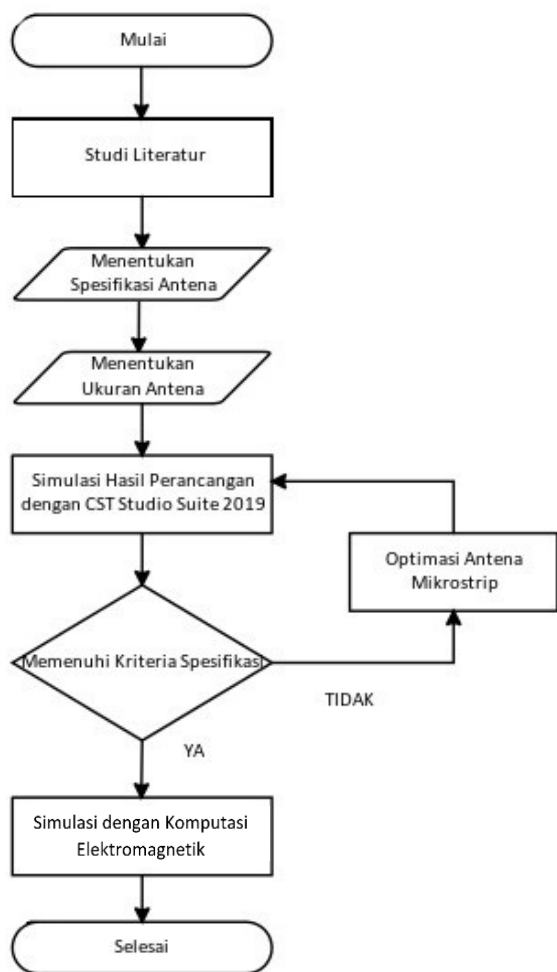
METODE

Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif, yang dimana sebuah proses untuk menemukan pengetahuan dengan menggunakan data numerik dan sebagai alat untuk menganalisis informasi tentang apa yang ingin diketahui (Agustini dan Nurhayati, 2021).

Alur Penelitian

Alur penelitian dimulai dengan studi literatur dari beberapa referensi seperti buku, jurnal, skripsi, dan juga tesis. Selanjutnya, menentukan spesifikasi antenna yang sesuai dengan kriteria antenna mikrostrip. Selanjutnya menentukan ukuran antenna meliputi panjang dan lebar substrat. Setelah itu, menyimulasikan hasil perancangan dengan komputasi elektromagnetik. Apabila hasil simulasi antenna memenuhi kriteria spesifikasi minimal untuk antenna mikrostrip maka proses selanjutnya adalah analisis hasil simulasi antenna. Apabila tidak sesuai maka diperlukan optimasi antenna mikrostrip dengan mengubah panjang dan lebar *patch*, *slot*, maupun substrat. Diagram alir penelitian ditampilkan pada Gambar 2



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Spesifikasi Antena

Penelitian antenna mikrostrip UWB ini didesain menggunakan substrat FR-4 dengan dengan tebal substrat 1,6 mm, tebal tembaga 0,035 mm, dan konstanta dielektrik 4,3. Berikut adalah parameter antenna ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Desain Antena Mikrostrip

Parameter	Nilai
Frekuensi	2-11 GHz
Konstanta Dielektrik	4,3
Tebal Substrat	1,6 mm
Return Loss	< -10 dB
VSWR	≤ 2
Gain	≥ 2,5 dB

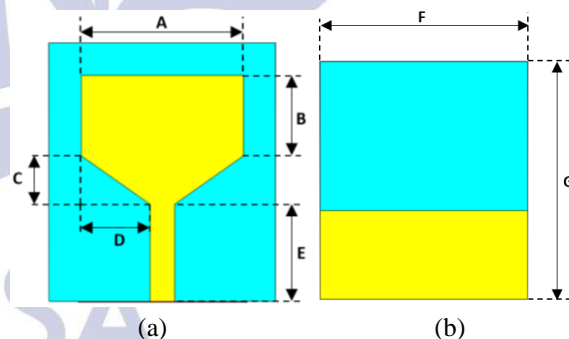
Desain Antena

Agar antenna dapat bekerja sesuai dengan kriteria frekuensi UWB, maka harus menentukan desain dan spesifikasi antenna. Dimensi yang diperlukan dalam antenna mikrostrip UWB ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Dimensi Antena Mikrostrip

Simbol	Dimensi (mm)	Simbol	Dimensi (mm)
A	20	K	3
B	10	L	5
C	6	M	2
D	8,5	N	0,5
E	12	O	4
F	28	P	8
G	32	Q	4
H	3	R	7
I	12,5	S	5
J	12,5	h	1,6

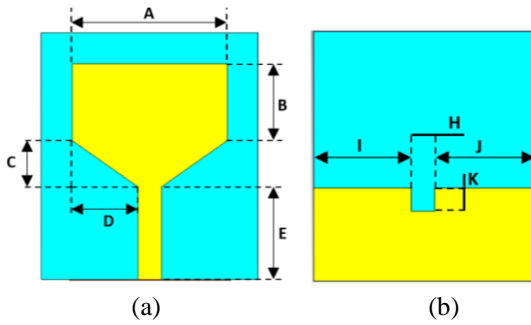
Ada tiga desain yang dibahas secara bertahap yaitu antenna Model-A, antenna Model-B, dan antenna Model-C. Ketiga antenna tersebut memiliki spesifikasi sama dalam hal berupa bahan substrat FR-4 dengan tebal substrat 1,6 mm, tebal tembaga 0,035 mm, dan konstanta dielektrik 4,3. Desain antenna mikrostrip UWB Model-A ditampilkan pada Gambar 3. Dengan memberikan potongan segitiga pada sudut bawah *patch* dan parsial *ground*, antenna dapat menghasilkan rentang *bandwidth* dari 2,84 GHz hingga 7,52 GHz dengan *return loss* maksimum -24 dB pada frekuensi 3,42 GHz.



Gambar 3. Antena Mikrostrip UWB Model-A: (a) Patch dengan Potongan Segitiga, (b) Parsial Ground Konvensional

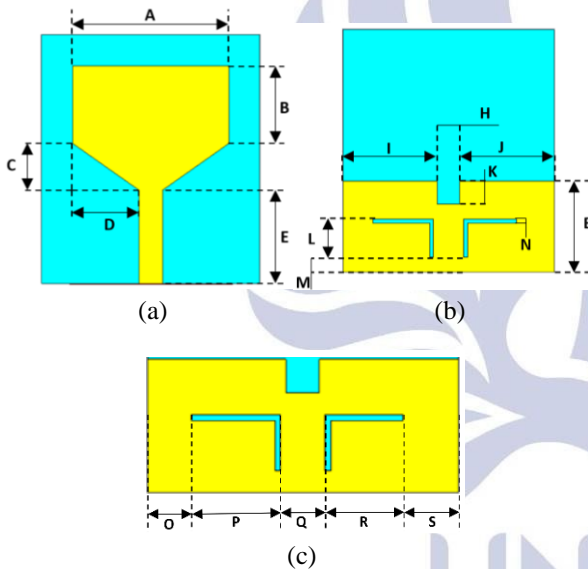
Untuk mendapatkan rentang frekuensi kerja UWB, parsial *ground* dimodifikasi dengan memberikan *slot* persegi seperti ditunjukkan Gambar 4(b) dapat menghasilkan peningkatan *bandwidth* dari 2,82 GHz hingga 11 GHz. Antenna Model-B ditampilkan pada Gambar 4.

Optimasi Kinerja Antena Mikrostrip Dengan Modifikasi Patch Dan Ground Plane Untuk Aplikasi Ultra-wideband (UWB)



Gambar 4. Antena Mikrostrip UWB Model-B: (a) Patch dengan Potongan Segitiga, (b) Parsial Ground dengan Slot Persegi

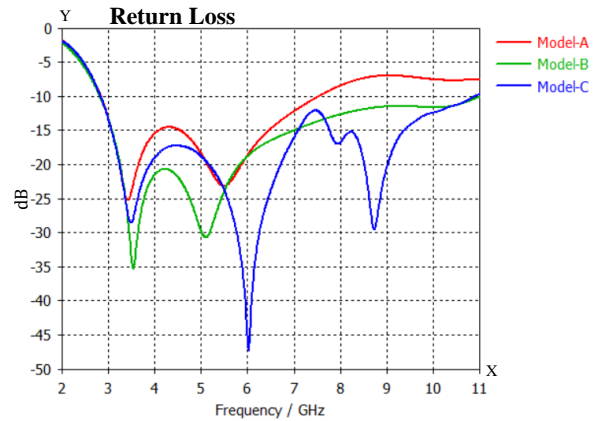
Untuk mendapatkan hasil yang optimal pada frekuensi 8,7 GHz, maka dari desain yang ditunjukkan pada Gambar 4(b) diberikan modifikasi berupa dua slot berbentuk L, seperti antena Model-C ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Antena Mikrostrip UWB Model-C : (a) Patch dengan Potongan Segitiga, (b) Parsial Ground dengan Slot Persegi dan L-Slot, (c) Detail Dimensi L-Slot

Return Loss

Nilai *return loss* minimum yang diperoleh dari antena Model-A adalah -25 dB pada frekuensi 3,4 GHz. Sedangkan untuk antena Model-B, didapatkan nilai *return loss* terendah yaitu -35 dB pada frekuensi 3,5 GHz. Untuk antena Model-C didapatkan nilai *return loss* -47 dB pada frekuensi 6 GHz. Hasil simulasi menampilkan empat parameter performa *return loss* pada setiap antena ditampilkan pada Gambar 6.

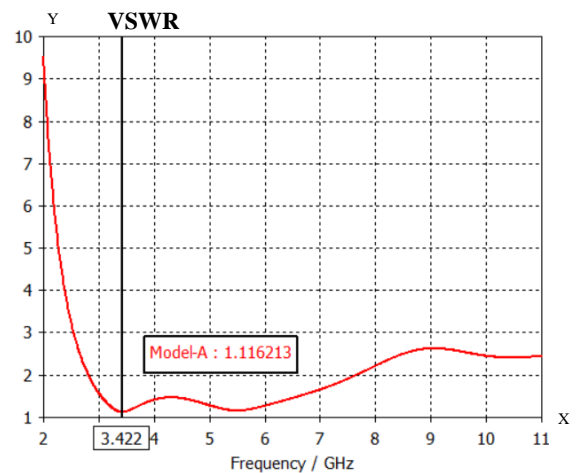


Gambar 6. Return Loss dari Antena Mikrostrip UWB Model-A, Model-B, dan Model-C

VSWR

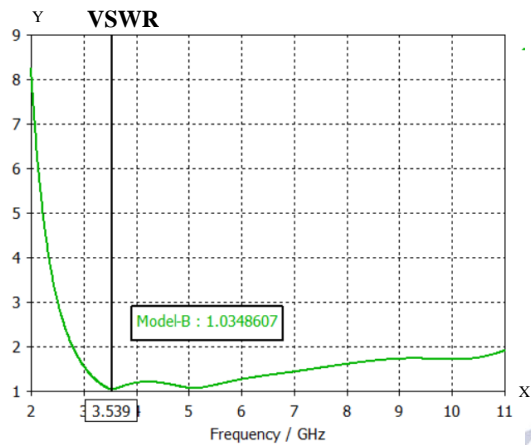
Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) mendefinisikan kesesuaian impedansi antara antena dan saluran transmisi. Nilai yang ideal untuk VSWR adalah 1 dan dapat diterima hingga nilai maksimum yaitu 2.

Desain antena Model-A, menghasilkan VSWR terendah 1,11 pada frekuensi 3,42 GHz, dan itu sudah memenuhi kriteria untuk syarat VSWR yang baik. Hasil simulasi kinerja VSWR antena Model-A ditampilkan pada Gambar 7.



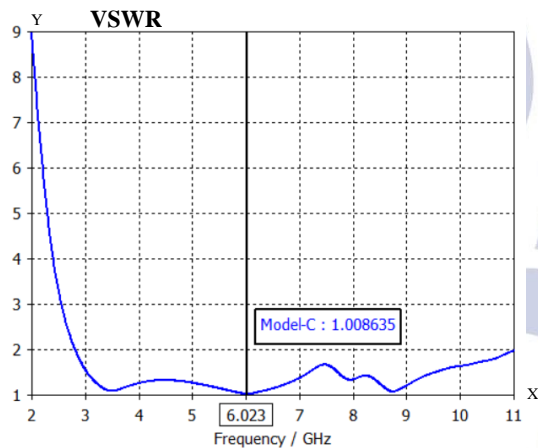
Gambar 7. VSWR Antena Mikrostrip UWB Model-A

Desain antena Model-B menghasilkan VSWR terendah yang lebih baik dari Model-A yaitu 1,03 pada frekuensi 3,53 GHz. Hasil simulasi kinerja VSWR Model-B ditampilkan pada Gambar 8.



Gambar 8. VSWR Antena Mikrostrip UWB Model-B

Terakhir untuk antena UWB Model-C memiliki VSWR terendah 1,00 pada frekuensi 6,02 GHz. Hasil simulasi kinerja VSWR Model-C ditampilkan pada Gambar 9.

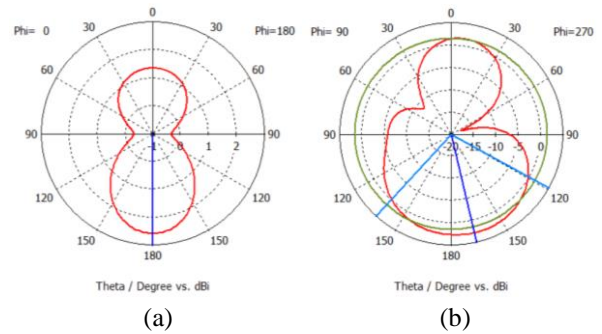


Gambar 9. VSWR Antena Mikrostrip Model-C

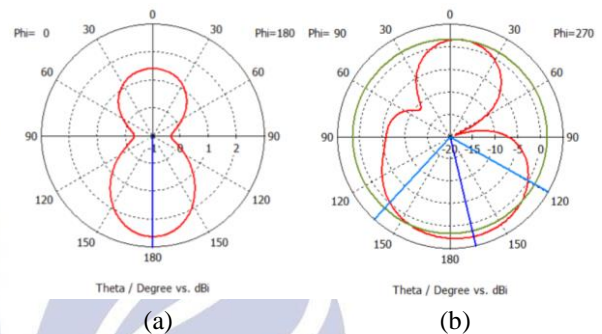
Pola Radiasai Far Field

Representasi grafis dari kekuatan medan gelombang radio untuk semua arah disebut dengan pola radiasi. Bidang H dan E berfungsi mewakili vektor medan magnet dan listrik, serta menunjukkan arah radiasi maksimum yang diusulkan antena. Kurva merah mewakili karakteristik radiasi sesuai dengan $\phi = 0$ derajat untuk pola radiasi medan E, dan $\phi = 90$ derajat untuk pola radiasi medan H dari antena.

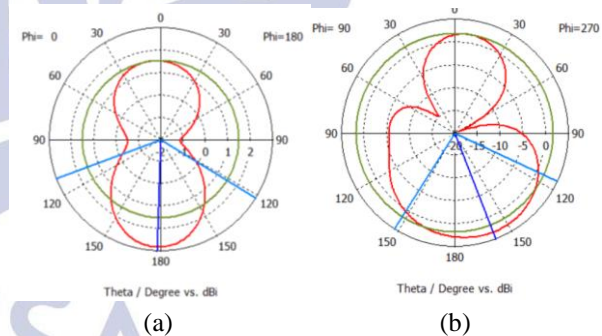
Dari hasil simulasi didapatkan kinerja pola radiasi untuk keempat antena yang diambil pada frekuensi 6 GHz, yang ditunjukkan pada Gambar 10, Gambar 11, Gambar 12, dan Tabel 3.



Gambar 10. Hasil Simulasi Far Field Antena Model-A pada Frekuensi 6 GHz : (a) Bidang E dan (b) Bidang H.



Gambar 11. Hasil Simulasi Far Field Antena Model-B pada Frekuensi 6 GHz : (a) Bidang E dan (b) Bidang H



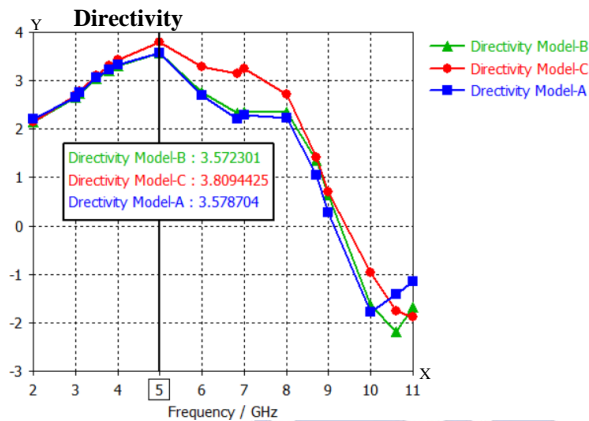
Gambar 12. Hasil Simulasi Far Field Antena Model-C pada Frekuensi 6 GHz : (a) bidang E dan (b) bidang H

Tabel 3. Perbandingan Arahkan Far Field pada Frekuensi 6 GHz ($\Phi=90$)

Parameter	Model A	Model B	Model C
Main lobe magnitude	2,7 dBi	2,77 dBi	3,29 dBi
Main lobe direction	167°	167°	159°
Angular width (3 dB)	103,5°	102,9°	97,3°
Side lobe level	-1,1 dB	-1,1 dB	-1,5 dB

Directivity

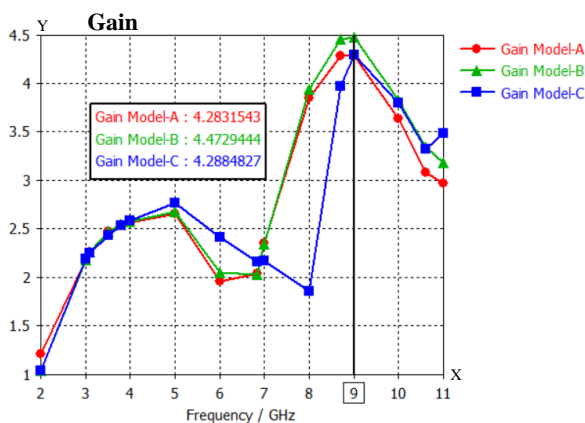
Perbandingan simulasi kinerja *directivity* pada antena mikrostrip UWB Model-A mendapatkan *directivity* 3,5 dBi pada frekuensi 5 GHz dengan *return loss* -18,4 dB. Lalu, antena Model-B mendapatkan *directivity* 3,5 dBi pada frekuensi 5 GHz dengan *return loss* -29,5 dB. Sedangkan untuk antena Model-C mendapatkan *directivity* sebesar 3,8 dBi pada frekuensi 5 GHz dengan *return loss* -18 dB. Hasil perbandingan *directivity* antena ditunjukkan seperti pada Gambar 13.



Gambar 13. Hasil Perbandingan *Directivity* ($\Phi=90$) Antena Mikrostrip Model-A, Model-B, dan Model-C

Gain

Perbandingan hasil simulasi dari 3 model antena memiliki *gain* tertinggi pada frekuensi 9 GHz. Antena Model-A mendapatkan *gain* maksimum 4,28 dBi, sedangkan Model-B menghasilkan *gain* maksimum 4,47 dBi, dan Model-C menghasilkan *gain* maksimum 4,29 dBi. Hasil perbandingan *gain* ditampilkan pada Gambar 14 dan Tabel 4.



Gambar 14. Hasil Perbandingan *Gain* Antena Mikrostrip UWB Model-A, Model-B, dan Model-C

Tabel 4. Perbandingan Hasil Parameter Antena dengan Penelitian Lain

Referensi	Dimensi (mm)	Bandwidth (GHz)	Max Gain (dBi)
(Das dan Mouli, 2020)	34,4 × 36 × 1,6	7,3 GHz	1,3
(Khanna dkk., 2022)	47 × 47 × 1,6	7,5 GHz	3,5
(Mezaal dkk., 2022)	13 × 27,2 × 1,5	6,23 GHz	2,6
Model-C (diajukan)	28 × 32 × 1,6	8,09 GHz	4,47

Perbandingan hasil parameter antena dengan penelitian lain ditampilkan pada Tabel 4. Hasil perbandingan meliputi dimensi, *bandwidth*, dan *gain* maksimum. Desain antena Model-C memiliki lebar *bandwidth* maupun *gain* yang terbesar diantara semua antena referensi, sehingga dapat disimpulkan desain antena Model-C dapat diaplikasikan untuk aplikasi UWB.

PENUTUP

Simpulan

Simulasi 3 antena mikrostrip UWB yaitu antena Model-A, antena Model-B, dan antena Model-C, menghasilkan kinerja *return loss* yang berbeda. Pada antena Model-A dengan potongan segitiga pada *patch* mendapatkan nilai *return loss* sebesar -24 dB. Selanjutnya pada Model-B antena ditambahkan slot persegi pada parsial *ground*, sehingga didapatkan *return loss* -35 dB. Pada antena Model-C antena ditambahkan dengan dua buah *slot* berbentuk L, sehingga menghasilkan *return loss* terbaik sebesar -47 dB. VSWR terbaik juga didapatkan oleh antena Model-C yaitu sebesar 1,00 pada frekuensi 6,02 GHz. Antena Model-C memiliki *gain* tertinggi yaitu sebesar 4,29 dBi pada frekuensi 9 GHz apabila dibandingkan dengan antena referensi. Dengan menggunakan teknik *slot* persegi dan *slot* berbentuk L pada parsial *ground*, dapat menghasilkan *return loss* yang jauh lebih rendah, meningkatkan *gain* antena, serta juga dapat meningkatkan *bandwidth* untuk menghasilkan kinerja antena yang baik sehingga dapat diterapkan pada aplikasi UWB.

Saran

Berdasarkan pembahasan dan analisis optimasi kinerja antena mikrostrip dengan modifikasi *patch* dan *ground plane* untuk aplikasi *Ultra-wideband* (UWB) maka dapat diberikan beberapa saran, yaitu dengan mengubah

ukuran dan metode perancangan antena maka akan menghasilkan parameter yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulhari. Ali Abdulateef, Jawad. Mustafa M, H. O. Hanosh, Saima. Anwar Lashari, Sari. Ali Sari, Sarosh Ahmad, Yaser Khalill, dan Yaqdhan. Mahmood Hussain. 2021. *Design compact microstrap patch antenna with T-shaped 5G application*. Jurnal Electrical Engineering and Informatics. Vol. 10. No. 4. Hal. 2072–2078.
- 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.
- Ahmed. M Firoz, Kabir. M Hasnat, dan Abu. Zafor. 2021. *Patch And Ground Plane Slots Effect On The Rectangular Patch Microstrip Uwb Antenna Bandwidth Performance*. Jurnal Internasional Ilmu dan Teknologi Terapan Teknik. Vol. 6(3). No. 2455. Hal. 45–50.
- Ahmed. M Shihab, Md. Rafiqul Islam, dan Sheroz. Khan. 2015. *Design Of Dual Band Notched Ultra Wideband Antenna Using (U-W) Shaped Slots*. Jurnal Jaringan Penerbitan Riset Asia. Vol. 10. No. 23. Hal. 17375–17379.
- Alotaibi. Sattam, dan Abdullah. Alhumaidi Alotaibi. 2020. *Design of a Planar Tri-Band Notch UWB Antenna for X-Band, WLAN, and WiMAX*. Jurnal Jurusan Teknik Elektro Universitas Taif. Vol. 10. No. 6. Hal. 6557–6562.
- Chiu. Yi-Hsiang, dan Yen-Shen. Feng. 2015. *Multi-Objective Optimization for UWB Antennas in Impedance Matching, Gain, and Fidelity Factor*. Jurnal Universitas Teknologi Nasional Taipei. Hal. 1940–1941.
- Das. Priyanka, dan Mouli. Ghosh. 2020. *A Novel Design Of Microstrip Monopole Antenna For UWB Applications*. Auckland University of Technology. Hal 1–4.
- Elfergani. Issa, R. Jonathan, M. Wildad, dan Almaheed. 2018. *Slotted Printed Monopole UWB Antennas With Tunable Rejection Bands For WLAN/Wimax And X-Band Coexistence*. Jurnal Teknik Radio. Vol. 27. No. 3. Hal. 694–702.
- Khanna. Puneet, Amar. Sharma, A. K. Singh, dan Arun. Kumar. 2018. *A CPW - Fed Octagonal Ring Shaped Wide Band Antenna For Wireless Applications*. IFTM University. No. 7(3). Hal. 87–92.
- Marchellia. Simanjuntak, Asep Barnas, dan Hanny. Madiawati. 2021. *Desain Antena Mikrostrip Persegi Menggunakan Kombinasi U-Slot dan Elemen Parasitik pada Frekuensi 2.4 GHz*. Prosiding Lokakarya Riset Industri dan Seminar Nasional ke-12. Hal. 724–730.
- Mehta. Anuj. 2015. *Microstrip Antenna*. Jurnal Penelitian Ilmiah & Teknologi Internasional. Vol. 4. Hal. 54–57.
- Mezaal. Yaqeen S, A. Kadhun , A. Allabas, dan A. Aya. 2022. *New Miniature Microstrip Antenna For UWB Wireless Communications*. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. No. 71(2). Hal. 194.
- Naufal. M Rifqi, Agus. Dwi P, dan Trasma. Yunita. 2021. *Rectangular Patch Microstrip Antenna With Trapezoidal-Cut Groundplane Method For Ultrawideband*. Jurnal Telkom University. Vol. 8. No. 2. Hal. 1668–1676.
- Nurhayati. N, M. D. Alexandre, Chaihongsa. Warangkana, Sukoco. Bagus E., dan Saleh. Akbar K. 2021. *A Comparative Study Of Some Novel Wideband Tulip Flower Monopole Antennas With Modified Patch And Ground Plane*. Jurnal Teknik Elektronika Indonesia. Vol. 04. No. 02. Hal. 44–50.