

Desain dan Analisis Antena *Ultra Wideband* Dengan Penolakan Pita Menggunakan *Patch* Persegi Panjang

1st Kartika Praty Dina Zaam

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

pratydina@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Aloysius Adya Pramudita

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

pramuditaadya@telkomuniversity.ac.id

3rd Harfan Hian Ryanu

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

harfanhr@telkomuniversity.ac.id

Abstrak— *Ultra wideband* mempunyai Rentang frekuensi kerja 3,1 hingga 10,6 GHz dan alokasi bandwidth yang lebar sebesar 7,5 GHz. Antena *Ultra Wideband* memiliki beberapa layanan mencakup berbagai frekuensi yang berada pada pita sempit. Antena UWB memiliki keunggulan diantaranya adalah konsumsi daya pancar yang rendah dan bandwidth yang dihasilkan oleh sistem UWB sangat besar dengan adanya beragam layanan frekuensi yang dicakup maka akan mengalami gangguan elektromagnetik atau mengakibatkan permasalahan interferensi. Interferensi atau gangguan yang terjadi harus dihindari. Dari perancangan antena *ultra wideband* ini menghasilkan frekuensi yang bekerja pada frekuensi 3,1 GHz hingga 10,6 GHz dengan nilai return loss rentang frekuensi UWB ≤ -10 dan lebar bandwidth yang didapat adalah 7,6657 GHz. Dari hasil simulasi antena *ultra wideband* dengan penambahan slot didapatkan frekuensi penolakan pada rentang 4,8 GHz hingga 7,15 GHz. Pada rentang frekuensi penolakan mampu menolak beberapa frekuensi kerja, antara lain WLAN pada frekuensi 4,9-5,9 GHz, Mid Band 5G pada frekuensi 4,8-6 GHz, DSRC pada frekuensi 5,85 GHz – 5,925 GHz, dan komunikasi downlink. Satelit X-Band pada frekuensi 7,1-7,6 GHz.

Kata Kunci— *Ultra WideBand*, *notch band*, lebar pita, penolakan.

I. PENDAHULUAN

Dalam perkembangan teknologi *wireless* menggunakan antena yang dapat melakukan berbagai kemampuan dan fungsi. Teknologi *wireless* merupakan teknologi yang memungkinkan untuk berkomunikasi dengan memanfaatkan gelombang elektromagnetik untuk mengirimkan informasi tanpa menggunakan kabel [1]. Oleh karena itu, sistem komunikasi *Ultra wide band* (UWB) merupakan salah satu pilihan yang dapat digunakan.

Ultra wideband (UWB) merupakan teknologi radio yang dapat digunakan dalam komunikasi jarak pendek. Pada tahun 2002 *Ultra wideband* telah dipilih dengan secara luas dikarenakan rentang *bandwidth* yang besar diusulkan oleh FCC (*Federal Communications Commission*) menurut FCC rentang pita untuk komunikasi nirkabel berkisar 3,1 GHz hingga 10,6 GHz [2]. *Ultra wideband* menarik perhatian yang besar di bidang akademis dan industri telekomunikasi [3]. Antena UWB memiliki beberapa keunggulan diantaranya adalah memiliki konfigurasi perangkat keras yang sederhana, kecepatan transmisi data yang tinggi, biaya rendah, konsumsi daya pancar yang rendah dan *bandwidth* yang dihasilkan oleh sistem UWB sangat besar. Akibat *Bandwidth* uwb yang

sangat lebar yang disebabkan berdampingan dengan sistem komunikasi pita sempit yang sangat mengganggu sistem UWB [3]. Cara untuk mengatasi interferensi elektromagnetik tersebut bisa menggunakan teknik penolakan frekuensi tertentu atau pada frekuensi yang tidak diinginkan. Metode penolakan atau *notch band* menggunakan teknik dengan menambahkan *slot* pada antena. Tetapi, pada setiap bentuk *notch* hanya bisa mencapai satu pita frekuensi yang dapat ditolak [4]. Oleh karena itu, dibutuhkan lebih bentuk *slot* untuk menghasilkan beberapa penolakan pita yang dibutuhkan [5]. Penolakan frekuensi bisa dilakukan dengan menggunakan struktur *Electromagnetic Band Gap* (EBG) di *patch/ground*. *Electromagnetic Band Gap* (EBG) adalah sebuah struktur periodik yang bisa melarang propagasi gelombang elektromagnetik dalam rentang frekuensi tertentu [6].

Dilakukan penelitian antena UWB dengan karakteristik Triple Notch Band. Dengan menggunakan *patch* monopole planar heksagonal dengan memakai ground plane parsial dan menggabungkan filter frekuensi triple notch band pada pita frekuensi 5,15–5,85 GHz (WLAN), 7,1–7,6 GHz (komunikasi downlink satelit X-Band), dan pita 12,2–12,7 GHz (komunikasi DBS). Pada penelitian didapatkan hasil bahwa nilai frekuensi bawah masih diatas 3 GHz dengan kata lain antena belum bekerja maksimal sesuai dengan spesifikasi. Solusi yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan meningkatkan ground [6]. Selanjutnya antena mikrostrip dengan menggunakan *patch* sirkular dengan penolakan pada 2 frekuensi, berjudul “Antena Mikrostrip Dual Band-Notch pada frekuensi 3,5 GHz dan 5,5 GHz untuk aplikasi *Ultra Wideband* (UWB)” [7].

Dalam penelitian ini, mengusulkan perancangan antena UWB *patch rectangular* Monopole. Perancangan antena UWB ini menggunakan spesifikasi frekuensi kerja 3,1-10,6 dengan menganalisis pengaruh penambahan *slot* pada antena terhadap penolakan pada rentang frekuensi kerja.

II. KAJIAN TEORI

A. Antena Monopole

printed monopole antena umumnya berukuran kecil yang memiliki koefisien refleksi, gain yang besar, dan polarisasi yang dapat menghasilkan dan bekerja pada *bandwidth* yang sangat lebar tanpa menggunakan penambahan penggunaan dimensi antena seperti metode array. Printed monopole antena memiliki struktur yang sederhana, memiliki ukuran yang

kecil sehingga bisa menekan biaya pembuatannya sehingga relatif menjadi murah [12].

Posisi *ground plane* pada antenna monopole membuat konfigurasi antenna monopole seperti konfigurasi antenna mikrosrip yang akan menghasilkan *bandwidth* yang besar. Antena printed monopole planar adalah pilihan terbaik untuk digunakan dalam teknologi nirkabel uwb dikarenakan *bandwidth* yang lebar dan pola radiasi azimuth yang hampir omnidirectional [13]

Antena monopole *patch rectangular* merupakan salah satu jenis antenna yang sering dijumpai dan memiliki kelebihan seperti bentuk yang sederhana, kemudahan analisis dan perancangannya.

Untuk mencari dimensi dari *patch rectangular* PRMA2 dapat menggunakan persamaan berikut [13]:

1. Frekuensi tepi bawah (f_l) [13].

$$f_l = \frac{7,2}{(L + r + p)} \text{ GHz} \quad (2.1)$$

Keterangan rumus :

f_l = Frekuensi bawah (GHz)

L = Panjang panjang *patch*

r = Radius ekuivalensi antenna monopole silindric

p = panjang feed line 50 Ω (cm)

2. Lebar *patch* (W) dan panjang *patch* (L) [13]

$$L = W, r = \frac{L}{2\pi} \quad (2.2)$$

B. Ultra WideBand

Teknologi Ultra wide band (UWB) adalah sistem komunikasi jarak pendek yang mempunyai *bandwidth* yang sangat lebar. Federal Communications Commission (FCC) tahun 2002 mengatur rentang frekuensi kerja perangkat ultra wideband yaitu dari frekuensi 3,1 hingga 10,6 GHz dan alokasi *bandwidth* yang lebar sebesar 7,5 GHz. Dengan *bandwidth* yang sangat lebar maka diperlukan suatu antenna dengan *bandwidth* yang besar pula. Umumnya *return loss* untuk seluruh pita ultra wideband harus berada di kriteria ≤ -10 dB dan persyaratan lainnya bahwa rentang frekuensi kerja ultra wideband memiliki nilai $VSWR \leq 2$, [2] [13] [14].

Ultra wideband memiliki beberapa manfaat diantaranya kecepatan daya yang tinggi, emisi daya yang kecil, keamanan data, biaya yang dikeluarkan rendah untuk komunikasi jarak pendek, dan pengaplikasian remote sensing. Tetapi dalam rentang ultra wide band banyak sistem komunikasi pita sempit yang berdampingan dengan sistem komunikasi uwb yang akan mengganggu fungsi sistem uwb [15].

Persyaratan antenna ultra wideband menurut definisi fcc adalah [16] :

1. Antena UWB yang sesuai harus dapat menghasilkan *bandwidth* ≥ 500 MHz atau *bandwidth* fraksional minimal 0,2 atau 20 % dari frekuensi tengahnya.
2. Kinerja antenna UWB harus konsisten di seluruh frekuensi kerja. Idealnya, pola radiasi antenna, gain, dan pencocokan impedansi harus stabil di seluruh rentang frekuensi kerja.
3. memiliki polarisasi yaitu radiasi terarah atau Omnidirectional diperlukan tergantung pada aplikasi praktis. Pola omni-directional biasanya digunakan dalam sistem seluler dan genggam. Untuk sistem radar dan sistem terarah lainnya di

mana gain tinggi diinginkan, karakteristik radiasi Omnidirectional lebih disukai.

4. Antena harus dirancang untuk kinerja optimal untuk sistem keseluruhan sehingga perangkat keseluruhan (antena dan ujung depan RF) mematuhi rentang frekuensi kerja yang diberikan oleh FCC atau badan pengatur lainnya.

C. Notch Band

Dengan besarnya *bandwidth* pada antenna ultra wideband mengakibatkan potensi interferensi terhadap sistem. Interferensi ini terjadi terutama pada komunikasi yang frekuensinya berada dalam band yang sama dengan frekuensi UWB. Metode untuk menghilangkan interferensi yang terjadi adalah dilakukan dengan menyematkan *slot* dengan panjang tertentu di dalam *patch* antenna. *Return loss* dari pita di atas -10 dB dianggap notch dan *return loss* di atas bagian lain dari pita harus kurang dari -10 dB untuk sinyal yang baik [17]. Penolakan pita atau *Notch Band* merupakan salah satu cara untuk menghindari terjadinya interferensi gelombang elektromagnetik yaitu dengan menggunakan metode penolakan pita pada frekuensi yang tidak diinginkan.

Pemilihan *Notch band* yang digunakan dapat menghilangkan kemungkinan interferensi dari layanan nirkabel pita sempit yang ada bersama seperti WiMAX (3,3 GHz – 3,8 GHz), (3,65 GHz – 3,69 GHz), WLAN (5,15 GHz – 5,35 GHz dan 5,725 GHz – 5,825 GHz), dan DSRC (5,85 GHz – 5,925 GHz). Lebih baik menggunakan antenna yang menyediakan notch band yang diperlukan daripada mengintegrasikan antenna yang dirancang dengan rangkaian filter terpisah untuk menghilangkan pita frekuensi yang mengganggu. Beberapa proses pembuatan notch band diusulkan sebelumnya yang mencakup penyisipan *slot* pada *patch* antenna [18].

Banyak penelitian difokuskan pada desain antenna UWB yang memiliki fitur penolakan pita untuk menghindari potensi gangguan dari pita yang ada. Studi sebelumnya telah mengembangkan banyak antenna UWB notch band menggunakan pendekatan yang berbeda untuk menghindari masalah interferensi. Teknik penolakan pita ini termasuk *slot* yang ditambahkan ke *patch* antenna [19].

Slot dapat bervariasi dalam geometri, bentuk dan ukuran, sehingga menghasilkan konsep notch band yang diinginkan [20]. Penambahan *slot* ke antenna yang berbentuk S, *slot* berbentuk M, dan *slot* berbentuk L [6].

D. Parameter Antena

1. Voltage Wave Standing Ratio (VSWR)

VSWR merupakan perbandingan antara tegangan maksimum atau tegangan datang V_+ dan tegangan minimum atau tegangan pantul V_- pada suatu gelombang, hal ini akan menyebabkan adanya pantulan antara gelombang yang menyebabkan terjadinya gelombang berdiri atau *standing wave* [11] .

$$VSWR = \frac{|V|_{max}}{|V|_{min}} = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \quad (2.3)$$

$$\Gamma = \frac{V_r}{V_i} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad (2.4)$$

Keterangan:

Γ = Koefisien pantul

V_r = Tegangan gelombang pantul

V_i = Tegangan gelombang maju

Z_L = Impedansi beban/antena

Z_0 = Impedansi karakteristik saluran

- $\Gamma = -1$: refleksi negatif, mengakibatkan saluran terhubung singkat
- $\Gamma = 0$: tidak terjadi refleksi, mengakibatkan saluran dalam keadaan *matching*.
- $\Gamma = 1$: refleksi maksimum, mengakibatkan rangkaian terbuka.

Range nilai yang baik untuk VSWR adalah pada rentang 1 sampai dengan 2. Sedangkan nilai yang baik untuk koefisien pantul adalah pada rentang 0 sampai dengan 1.

2. Bandwidth

Bandwidth adalah rentang frekuensi kerja antenna. Rentang *bandwidth* bervariasi tergantung pada kebutuhan yang ditentukan. *Bandwidth* berkaitan dengan nilai VSWR dan frekuensi yang memiliki standar yang baik adalah ≤ 2 . *Bandwidth* secara umum dinyatakan sebagai berikut [11]:

$$\text{Bandwidth} = f_a - f_b \quad (2.5)$$

Keterangan :

f_a = frekuensi atas

f_b = frekuensi bawah

3. Return Loss

Return loss adalah daya yang dipantulkan kembali ke antenna ke daya yang ditransmisikan. Daya pantul dapat merusak sumber. Saluran transmisi dan antenna tidak menyatu yang menyebabkan *return loss* terjadi. *Return loss* terjadi diakibatkan *missmatch* antara saluran transmisi dengan impedansi. Nilai *return loss* yang baik adalah ≤ -10 [11].

$$\text{Return Loss (RL)} = 20 \log |\Gamma|. \quad (2.6)$$

4. Pola Radiasi

Pola radiasi didefinisikan sebagai fungsi matematika atau representasi grafis dari karakteristik radiasi antenna sebagai fungsi koordinat ruang. Dalam kebanyakan kasus pola radiasi ditentukan dalam jangkauan medan jauh dan ditampilkan sebagai fungsi koordinat arah. Pola radiasi memiliki 3 jenis secara umum diantaranya Isotropic antenna, Directional antenna, dan Omnidirectional antenna. [11].

E. Feeding Methods Microstrip Line

Ada beberapa teknik yang digunakan dalam *feeding* seperti *microstrip lines*, probe koaksial, kopling aperture, dan proximity kopling. *Microstrip feed line*, juga dikenal sebagai strip konduktor, biasanya lebih kecil lebarnya daripada *patch*. *Microstrip feed line* biasanya mudah dibuat dan dapat dengan mudah disesuaikan posisi penyisipan, Namun ketika ketebalan substrat meningkat, gelombang permukaan juga meningkat, dikarenakan dalam desain membatasi *bandwidth* [11]. Untuk menentukan lebar (W_f) dari saluran mikrostrip menggunakan rumus sebagai berikut:

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.7)$$

$$W_f = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (2.8)$$

Untuk mencari nilai efektifitas dan permeabilitas anten menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + \frac{12h}{w} \right)^{-0.5} \quad (2.9)$$

Untuk menentukan panjang gelombang *free space* dan panjang gelombang antenna menggunakan rumus:

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_r} \quad (2.10)$$

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.11)$$

Untuk mencari panjang *feed* antenna menggunakan rumus:

$$L_f = \frac{\lambda_g}{4} \quad (2.12)$$

Keterangan rumus:

B = Besar impedansi pada saluran

Z_0 = Impedansi karakteristik

ϵ_r = Konstanta dielektrik substrat

W = Lebar *feed* (mm)

h = Ketebalan *substrat* (mm)

λ_0 = Panjang gelombang (mm)

f_r = Frekuensi kerja (Hz)

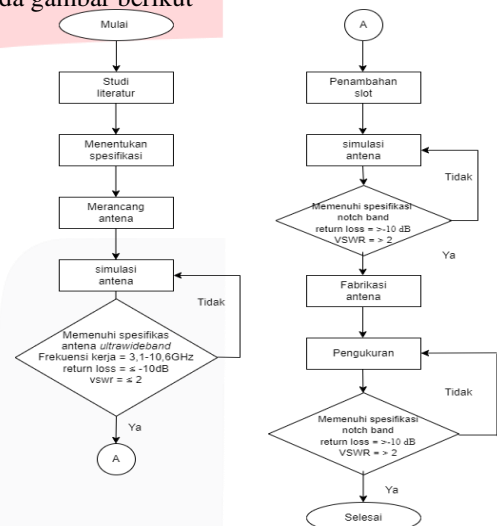
c = Kecepatan cahaya (3×10^8 m/s)

λ_g = Panjang gelombang efektif (mm)

L_f = Panjang *feed line* (mm)

III. METODE

Dalam perancangan antenna *Ultra WideBand* dengan penolakan pita menggunakan antenna monopole *patch rectangular*, untuk perancangan membutuhkan tahap-tahap seperti pada gambar berikut



GAMBAR 1
(Desain Alir Sistem)

Pada penelitian tugas akhir ini melakukan analisis dan ekperimental. Untuk pengaplikasiannya, salah satu contoh pengaplikasian adalah pada sistem komunikasi yang memungkinkan sinyal pesan teganggu oleh noise sekitar, *notch band* bisa menghilangkan noise tersebut. Pengaplikasian yang lain bisa disesuaikan selama metode ini bisa digunakan sesuai dengan perancangan yang dibutuhkan.

A. Parameter Antena

Spesifikasi antenna yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut, rentang frekuensi yang digunakan pada penelitian ini frekuensi kerja antenna *ultra wideband* yang diatur oleh FCC. Nilai parameter *vswr* dan *return loss* pada frekuensi kerja antenna *ultra wideband* yang bagus adalah nilai *return loss* ≤ -10 dB dan persyaratan lainnya bahwa rentang frekuensi kerja *ultra wideband* memiliki nilai VSWR ≤ 2 . [13] [14]:

- Jenis Antena : Antena monopole *patch rectangular*
- Frekuensi kerja : 3.1 – 10.6 GHz
- VSWR : ≤ 2

4. *Return loss* : ≤ -10 dB
5. *Gain* : ≥ 0 dB
6. *Pola Radiasi* : Omnidirectional

Substrat atau bahan dielektrik yang digunakan adalah FR-4 dengan spesifikasi sebagai berikut:

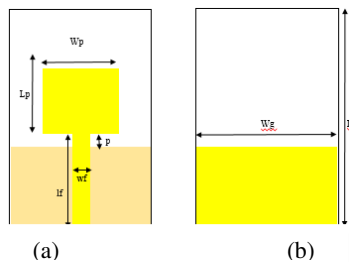
1. Konstanta dielektrik (ϵ_r) : 4,3.
2. Ketebalan substratnya (h) : 1,6 mm.

Hasil perhitungan perancangan dimensi awal dan pencatutan dapat dilihat pada tabel berikut:

TABEL 1
(Hasil perhitungan dimensi dan pencatutan antenna)

Nama	Parameter	Nilai
Frekuensi tepi bawah	f_l	3,1 GHz
Panjang & Lebar <i>patch</i> antenna	W dan L	11 mm
Lebar <i>feed</i>	W_f	3,076 mm
Panjang <i>feed</i>	L_f	10 mm
Lebar <i>Ground Plane</i>	W_g	31,6 mm
Panjang <i>Ground Plane</i>	L_g	41,6 mm
Jarak <i>Patch</i> Ke <i>Ground Plane</i>	p	10 mm
Tebal substrat	h	1,6 mm
Konstanta dielektrik	ϵ_r	4,3

Berikut adalah dimensi awal perancangan antenna sebelum optimasi



GAMBAR 2

(Dimensi awal Antena : (a) Tampak depan (*patch*), (b) Tampak belakang (*ground plane*))

B. Desain Antena UWB

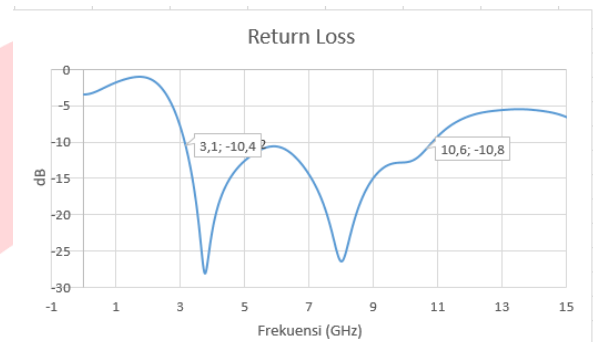
Pengoptimasian ini dilakukan jika hasil yang diperoleh belum sesuai dengan apa yang diinginkan. Proses pengoptimasian ini dilakukan dengan mengubah dimensi antenna. Setelah dilakukan optimasi pada antenna pengoptimasian dilakukan pada parameter lebar *patch* atau w_p sebesar 12mm menghasilkan pergeseran frekuensi pada frekuensi kerja yang diinginkan yaitu pada rentang 3,1-10,6 GHz,

Hasil perbandingan simulasi antenna uwb dan setelah melakukan pengoptimasian untuk mendapatkan hasil sesuai spesifikasi dapat dilihat dari tabel 2 dibawah ini.

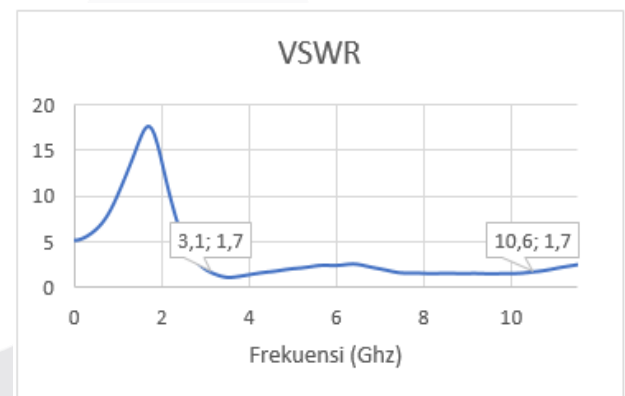
TABEL 2
(Perbandingan simulasi antenna uwb dan setelah optimasi)

Frekuensi	Sebelum Optimasi		Setelah Optimasi	
	VSWR	<i>Return loss</i>	VSWR	<i>Return loss</i>
3,1 GHz	4,9	-3,8 dB	1,7	-10,4 dB
10,6 GHz	2,2	-8,6 dB	1,7	-10,8 dB

Terjadi perubahan dimensi antenna yang menyebabkan perubahan. Pada desain awal antenna yang didapatkan dari perhitungan dimensi sebelum optimasi spesifikasi antenna *ultra wide* tidak terpenuhi. Setelah melakukan pengoptimasian pada dimensi antenna didapatkan hasil desain hasil antenna yang sesuai spesifikasi antenna *ultra wideband* dimana hasil yang diperoleh yaitu rentang frekuensi kerja antenna antenna yang bekerja pada rentang 3,1 GHz sampai dengan 10,6 GHz dengan nilai parameter yang konstan pada *return loss* ≤ -10 dB, $vswr \leq 2$, dan nilai *bandwidth* sesuai dengan spesifikasi yang mengikuti peraturan menurut FCC yaitu 7,6657 GHz. Hasil akhir optimasi desain awal antenna bisa dilihat pada gambar 3 dan 4 dibawah ini.



GAMBAR 3
(Return Loss Desain Awal Antena UWB Optimasi)



GAMBAR 4
(Return Loss Desain Awal Antena UWB Optimasi)

C. Penambahan Slot

Proses perancangan desain *slot* melakukan perhitungan, perhitungan rumus panjang *slot* dapat menggunakan persamaan dibawah ini.

$$f_{notch} = \frac{c}{2xLxk} \text{ GHz} \quad (3.1)$$

Keterangan:

f_{notch} : frekuensi resonansi masing-masing frekuensi

c : Kecepatan cahaya (3×10^8 m/s)

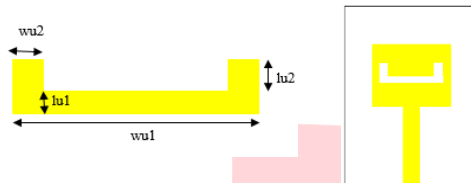
L : Panjang *slot* (mm)

k : effective permittivity $k = \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}$

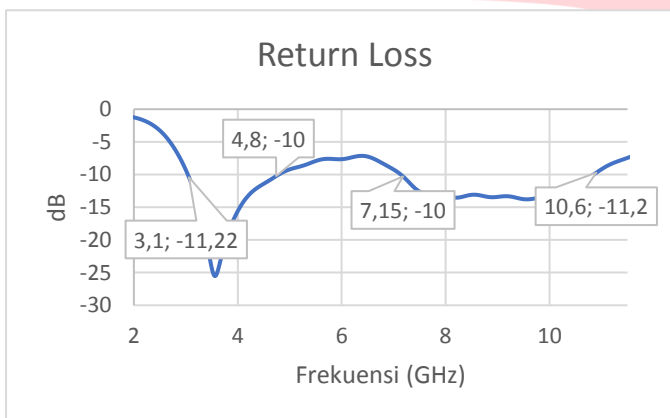
Dari persamaan 1 bisa didapatkan hasil panjang *slot* (L). Pada penelitian melakukan analisis dan ekperimental. Frekuensi yang diambil adalah frekuensi tengah dari frekuensi kerja *ultra wideband* yaitu 6 GHz, tetapi apabila

ingin mengubah frekuensi notch yang diinginkan maka bisa menyesuaikan dengan persamaan F_{notch} .

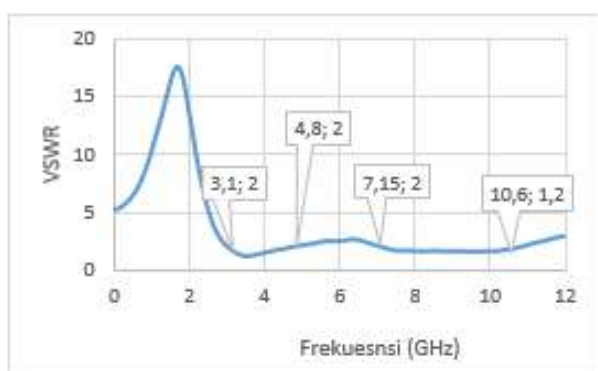
Hasil panjang *slot* adalah $L = 16$ mm Setelah melakukan simulasi didapatkan hasil perancangan awal antenna dengan penambahan *slot* U, Penolakan pita didapatkan pada frekuensi 4,6 GHz sebesar -2,15 db, dan vswr paling tertinggi sebesar 7,83 dan *bandwidth* yang dihasilkan adalah 1,6 GHz. Namun dari hasil penambahan *slot* penolakan belum sesuai dengan *fnotch* tidak terjadi penolakan pita pada frekuensi 6 GHz. Maka harus dilakukan pengoptimasian.



GAMBAR 4
(Desain slot dan antena setelah optimasi)



GAMBAR 5
(Return loss Desain Antena Penambahan Slot Optimasi)



GAMBAR 6
(VSWR Desain Antena Penambahan Slot Optimasi)

Setelah melakukan pengoptimasian didapatkan nilai $L = 12,37$. menghasilkan penolakan frekuensi dan antenna bekerja menjadi *dual band*. Pada rentang frekuensi yang pertama yaitu frekuensi 3,1-4,8 GHz dengan lebar pita 1,5 GHz dan pada rentang frekuensi yang kedua yaitu frekuensi 7,1-10,6 GHz dengan lebar pita 3 GHz.

Dimensi *slot* setelah optimasi menghasilkan penolakan frekuensi pada rentang 4,8-7,15 GHz yang memiliki lebar pita sebesar 2,35 GHz yang bisa dilihat pada gambar 6. Nilai *return loss* pada rentang frekuensi penolakan memiliki nilai > -10 dB. Rentang frekuensi penolakan tersebut mampu menolak beberapa frekuensi kerja yang bisa dilihat dibawah ini:

1. WLAN pada frekuensi 4,9-5,9 GHz
2. 5G Mid Band pada frekuensi 4,8-6 GHz
3. DSRC pada frekuensi 5,85 GHz – 5,925 GHz
4. komunikasi downlink satelit X-Band pada frekuensi 7,1–7,6 GHz

TABEL 3
(Perbandingan hasil penambahan slot sebelum dan sesudah optimasi)

Parameter	Slot sebelum optimasi	Slot setelah optimasi
L_{notch}	16 mm	12,37 mm
Frekuensi penolakan	4,6 GHz	4,8 GHz – 7,15 GHz
Return loss	-2,15 dB	> -10 dB
VSWR	7,83	> 2
Bandwidth	1,6 GHz	2,35 GHz

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan proses simulasi antenna uwb dengan penambahan *slot* pada *patch* antenna, maka dilakukan realisasi atau fabrikasi dengan menggunakan bahan *substrat* FR-4 dengan ketebalan 1,6 mm. Gambar 8 (a) antenna tampak depan, sedangkan (b) antenna tampak belakang.



(a)



(b)

GAMBAR 7
(Fabrikasi antenna)

A. Hasil Pengukuran Parameter *Return loss*, *Bandwidth* dan VSWR

Pada pengukuran ini dilihat pada parameter S_{11} dimana menunjukkan pengiriman sinyal antenna satu sisi dari sisi pengirim menuju antenna pada sisi penerimaan dimana antena apesirim dan penerima berada pada port 1.

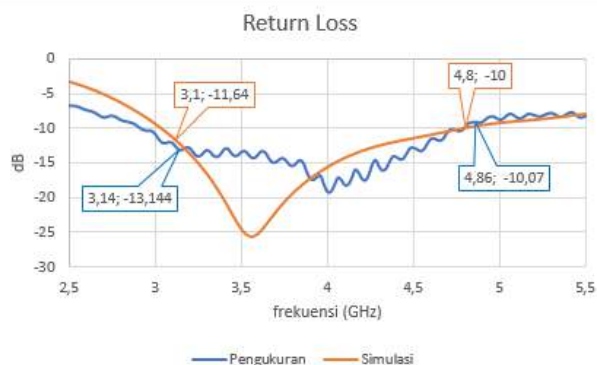
Pada antenna dengan penambahan slot terdapat bekerja menjadi *dual band*. Pada rentang frekuensi yang pertama yaitu frekuensi 3,1-4,8 GHz dengan lebar pita 1,5 GHz dan pada rentang frekuensi yang kedua yaitu frekuensi 7,1-10,6 GHz dengan lebar pita 3 GHz.

1. Rentang Frekuensi Rendah

Pada frekuensi rentang ini berada pada rentang pita frekuensi 3,1 GHz sampai dengan 4,8 GHz. Berikut adalah

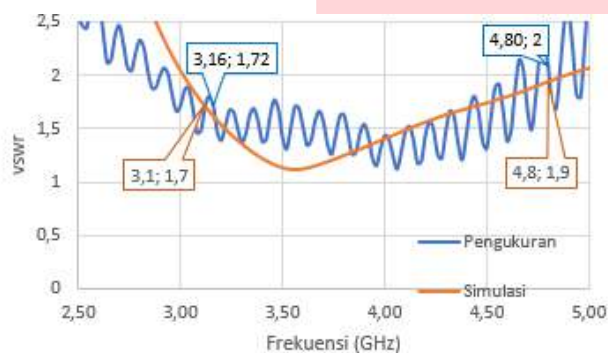
perbandingan *Return loss*, *Bandwidth* dan *VSWR* pada frekuensi rendah.

a. *Return loss*



GAMBAR 8
(Return loss Frekuensi Rendah)

b. *VSWR*



GAMBAR 9
(VSWR Frekuensi Rendah)

Analisis Pada frekuensi rendah dimulai dari rentang 3,1 -4,8 GHz pada tabel 4. Dimana nilai *return loss* sudah memenuhi spesifikasi yaitu nilainya < -10 GHz dan *vswr* ≤ 2 . Pada frekuensi rendah nilai koefisien yang terbaik pada simulasi di titik frekuensi 3, 53 GHz sedangkan pada pengukuran koefisien refleksi yang paling baik berada pada titik 4 GHz. . Untuk frekuensi bawah (3,1 GHz) terjadi penurunan *return loss* dengan selisih antara simulasi dan pengukuran yaitu 12,92 % dan untuk nilai *vswr* terjadi kenaikan sebesar 1,1%. Pada frekuensi atas (4,8 GHz) terjadi penurunan *return loss* dengan selisih antara simulasi dan pengukuran yaitu 0,7 % untuk nilai *vswr* terjadi kenaikan sebesar 5.26%. Pada *bandwidth* terjadfi kenaikan sebesar 1.17%.

Pada grafik membuktikan bahwa terdapat perbedaan frekuensi kerja dari proses simulasi dan pengukuran. Hal ini bisa terjadi dikarenakan pada proses pengukuran yang tidak sesuai dengan standar, kesalahan atau ketidak tepatan pada saat fabrikasi atau ketidak idealan bahan yang digunakan.

	Simulasi		Pengukuran		Selisih	
Frequency (GHz)	3,1	4,8	3,1	4,8	3,1	4,8
Return loss (dB)	-11,64	-10	-13,144	-10,07	-12,92 %	-0,7 %
VSWR	1,7	1,9	1,72	2	1.1 %	5.26 %
Bandwidth	1,7 GHz		1,72 GHz		1.17%	

TABEL 4

(Perbandingan hasil simulasi dan pengukuran pada frekuensi rendah 3,1 GHz – 4,8 GHz)

2. Rentang Frekuensi Tinggi

Pada frekuensi rentang ini berada pada rentang pita frekuensi 7,1 GHz sampai dengan 10,6 GHz. Berikut adalah perbandingan *Return loss*, *Bandwidth* dan *VSWR* pada frekuensi tinggi

a. *Return loss*



GAMBAR 10
(Return loss Frekuensi Tinggi)

b. *VSWR*



GAMBAR 11
(VSWR Frekuensi Tinggi)

Analisis Pada frekuensi tinggi dimulai dari rentang 7,1-10,6 Ghz dapat dilihat pada tabel 5. Dimana nilai *return loss* 7,1 Ghz sudah memenuhi spesifikasi yaitu nilainya ≤ -10 GHz dan pada nilai *vswr* ≤ 2 . Pada frekuensi tinggi nilai koefisien yang terbaik pada simulasi di titik frekuensi 9,6 GHz sedangkan pada pengukuran koefisien refleksi yang paling baik berada pada titik 9,5 GHz.

Untuk frekuensi bawah (7.1 GHz) terjadi penurunan *return loss* dengan selisih antara simulasi dan pengukuran yaitu 36.96 % dan untuk nilai *vswr* terjadi penurunan sebesar 27%. Pada frekuensi atas (10.6 GHz) terjadi kenaikan *return loss* dengan selisih antara simulasi dan pengukuran yaitu 7.27 % untuk nilai *vswr* terjadi penurunan sebesar 38.85 %. Pada *bandwidth* terjadfi penurunan sebesar 1.42%.

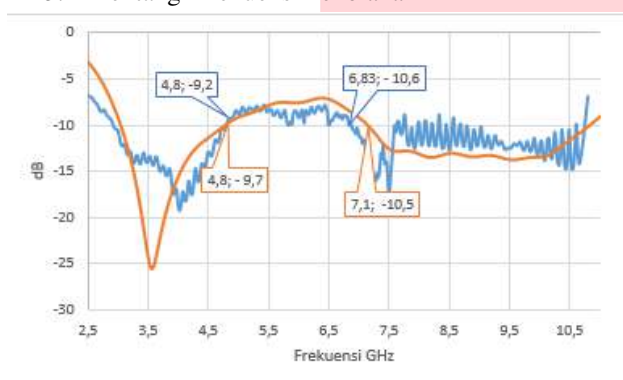
Pada grafik membuktikan bahwa terdapat perbedaan frekuensi kerja dari proses simulasi dan pengukuran. Hal ini bisa terjadi dikarenakan pada proses pengukuran yang tidak sesuai dengan standar, kesalahan atau ketidak tepatan pada saat fabrikasi atau ketidak idealan bahan yang digunakan.

TABEL 5

(Perbandingan hasil simulasi dan pengukuran pada frekuensi tinggi 7,1 GHz – 10,6 GHz)

	Simulasi		Pengukuran		Selisih	
Frequency (GHz)	7.1	10.6	7.1	10.6	7.1	10.6
Return loss (dB)	-10.2	-11	-13.97	-10.2	-36.96 %	-7.27 %
VSWR	1.92	1.75	1.4	1.07	27%	38.85 %
Bandwidth	3.5		3.45		1.42%	

3. Rentang Frekuensi Penolakan



GAMBAR 12
(Rentang frekuensi penolakan)

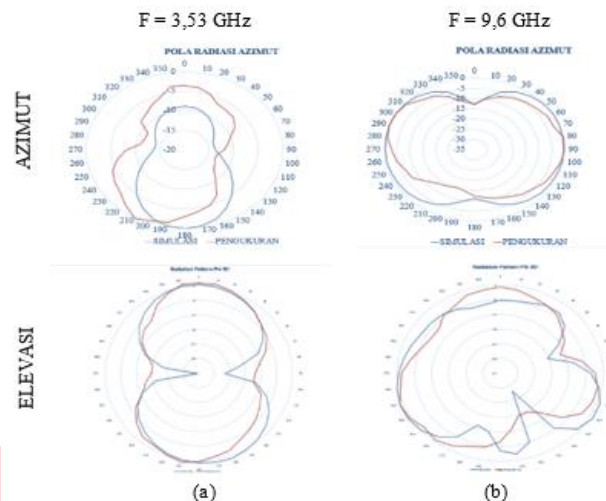
Analisis rentang frekuensi penolakan pada gambar 13 menunjukan perbandingan antara hasil simulasi dan pengukuran ada beberapa frekuensi yang bergeser sedikit dibandingkan dari simulasi 4.8 GHz smapai 7.1 Ghz sedangkan frekuensi yang didapatkan pada saat simulasi adalah rentang 4.8 GHz sampai 6,83 GHz. Hal ini dapat terjadi pada proses pengukuran yang tidak sesuai dengan standar, kesalahan atau ketidak tepatan pada saat fabrikasi atau ketidak idealan bahan yang digunakan.

B. Pengukuran Polaradiasi dan Gain

Menggunakan VNA yang berfungsi sebagai *signal generator*, dan menggunakan antenna horn sebagai antenna referensinya. Untuk melakukan penguran polaradiasi didapatkan dengan mengamati pada S21. Dimana antenna diputar dengan arah azimuth dan elevasi. Pengamatan daya dilakukan setiap 10° dan catat daya yang diterima. Nilai yang didapatkan harus di normalisasikan pada masing masing sudut.

Pengukuran gain antenna dilakukan dengan mennggunakan daya maksimum yang telah didapatkan dari data polaradiasi. Pasang antenna pada sudut maksimum yang amati dengan 10 kali percobaan untuk melihat data gain antenna tersebut.

1. Hasil Pengukuran Parameter Pola Radiasi



GAMBAR 13
(Pola radiasi antenna arah azimuth dan elevasi,
(a)frekuensi 3,53 GHz, (b) frekuensi 9,6 GHz.)

Pengukuran pola radiasi dilakukan pada dua frekuensi yaitu frekuensi *dual band* yang memiliki koefisien refleksi yang paling baik, itu pada frekuensi 3,53 GHz dan 9,6GHz. Pada gambar 14 menunjukan pola radiasi arah azimuth dan elevasi. Pada frekuensi 3,52 GHz dari hasil pengukuran pola radiasi pada bidang azimuth (sudut 0°) daya terima maksimum pada sudut 210° dan daya terima minimum berada pada sudut 110°. Pengukuran pola radiasi pada bidang elevasi (sudut 90°) daya terima maksimum berada pada sudut 10° dan daya terima minimum berada pada sudut 280°. Pengukuran pola radiasi pada frekuensi 9,6GHz dari hasil pengukuran pola radiasi pada bidang azimuth (sudut 0°) daya terima maksimum pada sudut 300° dan daya terima minimum berada pada 200°. Pada bidang elevasi (sudut 90°) daya terima maksimum pada sudut 250° dan daya terima minimumnya berada pada sudut 150°. Hasil pengukuran pola radiasi azimuth dan elevasi diperoleh jenis pola radiasi hampir omnidirectional.. Setelah melakukan percobaan pengukuran pola radiasi azimuth maupun elevasi dapat dilihat antara simulasi dan percobaan mengalami perbedaan. Beberapa faktor yang bisa mempengaruhi perbedaan hasil pengukuran dan simulasi seperti pengukuran dilakukan di ruangan yang memiliki banyak interferensi atau gangguan dari sekitarnya dan pengarahannya perubahan sudut antenna dilakukan secara manual.

2. Hasil Parameter Gain

Parameter gain dilakukan pengukuran dengan menggunakan antenna *horn* sebagai antenna *transmitter* dan antenna yang akan diukur sebagai antenna *receiver*. Pengukuran dilakukan pada jarak $D=1m$. Proses pengukuran gain dilakukan pengambilan 10 data yang muncul pada VNA. Frekuensi yang dilakukan pada pengukuran ini memakai frekuensi *dual band* pada frekuensi yang memiliki koefisien yang bagus, yaitu frekuensi 3, 53 GHz dan frekuensi 9,6 GHz. Untuk memperoleh nilai pengukuran gain dapat menggunakan rumusa dibawah ini.

$$Pr = Pt + Gt - LSt - FLS - LSR + Gr \quad (3.2)$$

$$FSL = 92,5 + 20\log(F) + 20\log(D) \quad (3.3)$$

Keterang rumus:

P_r = daya receiver (dB)

P_t = daya transmitter (dB)

G_t = gain transmitter (dB),

G_r = merupakan gain receiver (dB),

LS_t = merupakan loss kabel (dB),

D = merupakan jarak antar antenna (km),

F = merupakan nilai frekuensi (GHz)

TABEL 6
(Tabel Perbandingan Gain)

Frekuensi	Simulasi	Pengukuran
3,5 GHz	2,113 dB	0,926 dB
9,6 GHz	4,283 dB	8,72 dB

Tabel 6 merupakan perbandingan gain yang diperoleh pada saat simulasi dan pengukuran, terjadi perbedaan hasil gain antara simulasi dan pengukuran. Frekuensi 3,5 GHz mengalami penurunan sebesar 1.18% sedangkan pada frekuensi 9,6 GHz mengalami peningkatan gain sebesar 4,43%. Perbedaan hasil pengukuran dan simulasi bisa berbeda diakibatkan kondisi yang kurang ideal, pabrikasi yang antenna yang tidak ideal dibandingkan antenna pada saat simulasi, dan adanya loss pada kabel.

V. KESIMPULAN

- Dirancang antenna uwb yang bekerja dari rentang 3,1 GHz – 10,6 GHz. Hasil akhir dari optimasi antenna uwb yaitu memiliki nilai *return loss* ≤ -10 dari rentang frekuensi 3,1 GHz sampai dengan 10,6 GHz. Pada frekuensi 3,1 GHz nilai *return loss* sebesar -10,4 dB dan pada frekuensi 10,6 GHz nilai *return loss* sebesar -10,8 dB. Nilai *bandwidth* yang didapatkan pada rentang antenna uwb tersebut adalah 7,6657 GHz. Nilai *vswr* pada rentang frekuensi kerja antenna uwb memiliki nilai sebesar ≤ 2 . Dari ketiga parameter yaitu *return loss*, *bandwidth*, dan *vswr* menandakan bahwa antenna memenuhi spesifikasi antenna uwb.
- Pengoptimasian parameter Lu_2 dan Wu_1 menghasilkan penolakan frekuensi dan antenna bekerja menjadi *dual band*. Pada rentang frekuensi yang pertama yaitu frekuensi 3,1-4,8 GHz dan pada rentang frekuensi yang kedua yaitu frekuensi 7,1-10,6 GHz selanjutnya antenna menghasilkan penolakan frekuensi pada rentang 4,8-7,15 GHz yang memiliki 1. Nilai *return loss* pada rentang frekuensi penolakan memiliki nilai > -10 dB. yang menandakan bahwa terjadi penolakan. Rentang frekuensi penolakan tersebut mampu menolak beberapa frekuensi kerja diantaranya WLAN pada frekuensi 4,9-5,9 GHz, 5G Mid Band pada frekuensi 4,8-6 GHz, DSRC pada frekuensi 5,85 GHz – 5,925 GHz, dan komunikasi downlink satelit X-Band pada frekuensi 7,1-7,6 GHz
- Pada pengukuran dilakukan di *dual band*. Pada rentang pita pertama yaitu frekuensi rendah dengan rentang frekuensi 3,1-4,8 GHz dan rentang pita kedua yaitu

rentang frekuensi tinggi dengan rentang frekuensi 7,1 GHz-10,6. Pada *dual band* ini menghasilkan nilai *return loss* ≤ -10 dan nilai *vswr* ≤ 2 . Untuk frekuensi bawah (3,1 GHz) didapatkan hasil pengukuran sebesar -13,14 dB sedangkan pada simulasi nilai *return loss* yang didapatkan adalah -11,64 dB. Pada frekuensi atas (4,8 GHz) nilai *return loss* pada saat pengukuran yaitu -10,41 dB, sedangkan nilai yang didapatkan ketika simulasi adalah sebesar -10 dB. Untuk frekuensi bawah (7,1 GHz) didapatkan hasil pengukuran sebesar -13,22 dB sedangkan pada simulasi nilai *return loss* yang didapatkan adalah -10,2 dB. Pada frekuensi atas (10,6 GHz) nilai *return loss* pada saat pengukuran yaitu -10,2 dB, sedangkan nilai yang didapatkan ketika simulasi adalah sebesar -11 dB.

- Hasil dari pengukuran memiliki banyak *ripple* dibandingkan dengan hasil simulasi hal ini terjadi karena beberapa faktor diantaranya kondisi tempat pengukuran yang tidak sesuai standar dan kekurangan dalam proses pabrikasi

REFERENSI

- [1] M. Karmugil, "Design of Circular Microstrip Patch Antenna for Ultra," no. International Conference on Control, Instrumentation, Communication and Computational Technologies (ICCICCT), pp. 304–308, 2016.
- [2] Federal Communications Commission, "Revision of Part 15 of the Commission's Rules Regarding Ultra-Wideband Transmission Systems," *Washington, D.C.* 20554, p. 649, 2002.
- [3] M. Abedian, S. K. A. Rahim, S. Danesh, M. Khalily, and S. M. Noghabaei, "Ultrawideband dielectric resonator antenna with WLAN band rejection at 5.8 GHz," *IEEE Antennas Wirel. Propag. Lett.*, vol. 12, pp. 1523–1526, 2013, doi: 10.1109/LAWP.2013.2291271.
- [4] R. A. Abdulhasan, R. Alias, A. A. Awaleh, and A. O. Mumin, "Design of circular patch microstrip ultra wideband antenna with two notch filters," *I4CT 2015 - 2015 2nd Int. Conf. Comput. Commun. Control Technol. Art Proceeding*, no. April, pp. 464–467, 2015, doi: 10.1109/I4CT.2015.7219620.
- [5] A. Q. Kamil and A. K. Jassim, "Design a new notched UWB antenna to rejected unwanted band for wireless communication," *Telkomnika (Telecommunication Comput. Electron. Control)*, vol. 19, no. 6, pp. 1769–1777, 2021, doi: 10.12928/TELKOMNIKA.v19i6.19768.
- [6] H. H. Ryanu and D. P. Setiawan, "Desain Antena Mikrostrip UWB dengan Peningkatan Lebar Pita dan Karakteristik Triple Notch Band (Bandwidth Enhanced UWB Microstrip Antenna Design with Triple Notch Band Characteristics)," vol. 10, no. 3, pp. 249–256, 2021.
- [7] R. A. Faturrachman, L. O. Nur, and B. S. Nugroho, "ANTENA MIKROSTRIP DUAL BAND-NOTCH PADA FREKUENSI 3, 5 GHz DAN 5, 5 GHz UNTUK APLIKASI ULTRA WIDEBAND (UWB) DUAL BAND-NOTCH MICROSTRIP ANTENNA AT 3, 5 GHz AND 5, 5 GHz FREQUENCY FOR ULTRA WIDEBAND (UWB) APPLICATION," pp.

- 1–9.
- [8] A. Yadav, D. Sethi, S. Kumar, and S. L. Gurjar, "L and U slot loaded UWB microstrip antenna: C-Band/WLAN notched," *Proc. - 2015 IEEE Int. Conf. Comput. Intell. Commun. Technol. CICT 2015*, pp. 380–384, 2015, doi: 10.1109/CICT.2015.99.
 - [9] N. Taher, A. Zakriti, N. Ammar Touhami, and F. Rahmani, "A tri-band-notched antenna for UWB communication systems," *Procedia Manuf.*, vol. 46, no. 2019, pp. 822–827, 2020, doi: 10.1016/j.promfg.2020.04.011.
 - [10] K. H. Kim, Y. J. Cho, S. H. Hwang, and S. O. Park, "Band-notched UWB planar monopole antenna with two parasitic patches," *Electron. Lett.*, vol. 41, no. 14, pp. 783–785, 2005, doi: 10.1049/el:20051090.
 - [11] C. A. Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design, 3rd Edition*. 2005. [Online]. Available: <http://www.amazon.com/Antenna-Theory-Analysis-Design-Edition/dp/047166782X>
 - [12] E. Y. D. Utami, F. M. Cahyaningtyas, and A. A. Febrianto, "Perancangan Antena Printed Monopole Patch Elips dengan Konfigurasi EMA dan EMB untuk Pembaca RFID pada Frekuensi UHF," *Techné J. Ilm. Elektrotek.*, vol. 20, no. 1, pp. 13–26, 2021, doi: 10.31358/techné.v20i1.241.
 - [13] K. P. Ray, "Design Aspects of Printed Monopole Antennas for Ultra-Wide Band Applications," *Int. J. Antennas Propag.*, vol. 2008, pp. 1–8, 2008, doi: 10.1155/2008/713858.
 - [14] E. G. Lim, Z. Wang, C. U. Lei, Y. Wang, and K. L. Man, "Ultra wideband antennas - past and present," *IAENG Int. J. Comput. Sci.*, vol. 37, no. 3, 2010.
 - [15] J. R. Panda and R. S. Kshetrimayum, "A compact CPW-fed monopole antenna with an U-shaped slot for 5 GHz/6 GHz band-notched ultra-wideband applications," *2010 Indian Antenna Week A Work. Adv. Antenna Technol. AAT 2010*, pp. 0–3, 2010, doi: 10.1109/AAT.2010.5545942.
 - [16] T. Gayatri and G. Srinivasu, "A Research On Ultra Wideband (Uwb) Antennas For Wireless Communications," pp. 276–282, 2017.
 - [17] Monika, "Design and Fabrication of Ultra Wide Band Antenna With Band Notching Property : A Review," pp. 717–721, 2018.
 - [18] A. Sohail, K. S. Alimgeer, A. Iftikhar, B. Ijaz, K. W. Kim, and W. Mohyuddin, "Dual notch band UWB antenna with improved notch characteristics," *Microw. Opt. Technol. Lett.*, vol. 60, no. 4, pp. 925–930, 2018, doi: 10.1002/mop.31071.
 - [19] A. Abbas *et al.*, "A rectangular notch-band UWB antenna with controllable notched bandwidth and centre frequency," *Sensors (Switzerland)*, vol. 20, no. 3, 2020, doi: 10.3390/s20030777.
 - [20] Q. Ain and N. Chattoraj, "Parametric study and analysis of band stop characteristics for a compact UWB antenna with tri-band notches," *J. Microwaves, Optoelectron. Electromagn. Appl.*, vol. 17, no. 4, pp. 509–527, 2018, doi: 10.1590/2179-10742018v17i41314.